DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Dreizehnter Jahrgang | 20. November 1925 | Heft 47

Die Korrosion des Messings in Kondensatorrohren nach den Arbeiten des englischen Korrosionskomitees[1]).

Von G. Masing, Berlin.

I.

Vor mehr als 10 Jahren wurde im Institute of Metals eine Kommission zur Untersuchung der Korrosion von Kondensatorrohren gebildet und ein spezielles Laboratorium unter der Leitung von Bengough eingerichtet. Die Arbeiten können in keiner Weise als abgeschlossen gelten, trotzdem sie sehr viel wertvolles Material geliefert haben. Man hat jetzt vielmehr erkannt, daß die allgemeinen Grundlagen der Korrosion noch zu wenig klargestellt sind, und hat beschlossen, die weitere Forschung zu reorganisieren. Das Hauptgewicht wird auf das Studium der allgemeinen Korrosion der Metalle unter der Leitung von Bengough gelegt, und die Kondensatorkorrosion soll nur in kleinerem, mehr praktischen Rahmen weiter verfolgt werden. Das klingt wie ein Eingeständnis eines Mißerfolges, und ist sehr lehrreich, da es zeigt, wie außerordentlich schwierig die Probleme der Korrosion sind. Trotz der reichen Mittel und der erstklassigen wissenschaftlichen Kräfte, die in England dem Studium der Korrosion seit 1910 zur Verfügung gestellt wurden, ist das Hauptergebnis einer etwa 10jähr. Arbeit in der Hauptsache die Erkenntnis, daß das Prinzipielle noch nicht genügend geklärt ist und erst eingehend studiert werden muß.

II.

Warum ist die Erforschung der Korrosion so schwierig? Jede Korrosion beginnt mit einem chemischen Angriff des umgebenden Mediums, meistens einer Flüssigkeit oder eines Gases auf die Oberfläche des Metalls. Dieser Vorgang ist einem systematischen Studium kinetischer oder elektrochemischer Natur durchaus zugänglich. Wollte man nun die Korrosion ganz unterbinden, so müßte man jeden chemischen Angriff auf die Oberfläche des Metalles verhindern. Das ist jedoch aus wirtschaftlichen Gründen ganz unmöglich, weil man dann nur Edelmetalle oder zuweilen passivierbare Metalle verwenden dürfte. Man ist also meistens gar nicht in der Lage, die Korrosion ganz zu vermeiden. Man ist vielmehr darauf angewiesen, ihren Verlauf so zu beeinflussen, daß sie bald zum Stillstand kommt. Das ist möglich, da die *Reaktionsprodukte* des Metalls mit dem korrodierenden Medium meistens auf dem Metall verbleiben (z. B. unlösliche Oxyde) und eine schützende Schicht *bilden können*, die den weiteren Zutritt des angreifenden Mittels verhindert und damit die Korrosion unterbindet. Ein allgemein bekanntes Beispiel der Bildung einer solchen Oxydschicht bietet das Aluminium, das seine verhältnismäßig große Beständigkeit ausschließlich der großen Neigung zur Bildung von kohärenten Oxydschichten verdankt. Ein anderes bekanntes Beispiel einer Reaktion aus einem ganz anderen Gebiet, die durch Schichten der Reaktionsprodukte gehemmt wird, ist die Bildung der *semipermeablen Membranen* bei der Berührung von Niederschlag bildenden Lösungen.

Aber ein abgeschiedenes Reaktionsprodukt ist nicht immer ein *Schutz* gegen Korrosion. Es kann die Korrosionsreaktion katalytisch beschleunigen, wenn es z. B. als Sauerstoffüberträger wirkt. Wenn es auf der Oberfläche nicht gleichmäßig abgeschieden wird, kann es zu lokalen Konzentrationselementen oder galvanischen Elementen der Art: Metall—Lösung—Korrosionsprodukt—Metall führen, die den Angriff an den ungeschützten Stellen verstärken und seinem Charakter nach ungünstig beeinflussen können. Dasselbe kann eintreten, wenn ein Korrosionsprodukt die Metalloberfläche unvollkommen schützt und den Zutritt des Angriffsmittels und die Abwanderung der löslichen Reaktionsprodukte nur verlangsamt, wie bei der Besprechung der Entzinkung dargelegt werden soll.

Aus obigem sieht man schon, daß die Ausbildung einer wirksamen Schutzschicht außerordentlich stark von den äußeren *Bedingungen* abhängen muß, insbesondere, da diese Schicht meistens kolloidal ist und die große Empfindlichkeit der Koagulationsprozesse der Kolloide gegen geringe Änderungen der Zusammensetzung der Lösungsmittel und der äußeren Bedingungen bekannt ist. Die Korrosion wird somit zu einem Problem der Kolloidchemie. Das klare und eindeutige Problem der Wahl einer geeigneten Legierung wird ergänzt durch das Problem der Wahl geeigneter äußerer Betriebsbedingungen. Diese schwanken aber in der Technik ständig und lassen sich oft auch prinzipiell nicht sicher konstant halten. Deshalb ist auch verständlich, daß das Korrosionsverhalten der Metalle in der Praxis oft von Fall zu Fall ohne sicher nachgewiesene Änderung der Bedingungen zur Verzweiflung der Betriebsleute und ihrer Berater so verschieden und widersprechend ist.

[1]) Im Band 32. 1924, des Journ. of the Institute of Metals ist ein vorläufig abschließender Bericht von Bengough und May über die Korrosion des Messings in Kondensatorrohren erschienen. Diese Veröffentlichung gibt uns Veranlassung, das Problem an Hand der Arbeiten von Bengough kurz zusammenfassend zu behandeln.

Die Aufgabe, das Problem der Korrosion wirklich sauber wissenschaftlich zu behandeln, kann also auf den ersten Blick als beinahe aussichtslos bezeichnet werden, und nur die wirtschaftliche Notwendigkeit zwingt dazu, sich damit abzugeben. Die Frage der Korrosion ist keine wissenschaftliche, sondern eine technische Problemstellung, wie FRAENKEL richtig bemerkt[1]).

Am schönen Beispiel der Kondensatorrohre soll im folgenden die Entwicklung eines Korrosionsproblems näher verfolgt werden.

III.

Die Rohre der Kühlkondensatoren von Dampfmaschinen und Turbinen werden beinahe ausschließlich aus Messing gemacht. Bestimmend dafür ist der verhältnismäßig geringe Preis, die gute Bearbeitbarkeit des Messings und die vielfachen guten Erfahrungen mit der Korrosionsbeständigkeit dieses Materials. Diesen stehen allerdings auch reichlich viele recht ungünstige Erfahrungen, insbesondere in Berührung mit Seewasser oder Hafenwasser, entgegen. Diese werden jedoch immerhin in einer prozentual ziemlich geringen Anzahl von Fällen gemacht, die zwar durch ihre Launenhaftigkeit außerordentlich unangenehm sind, aber im *Durchschnitt* vom wirtschaftlichen Standpunkt aus die Einführung eines anderen, besseren, aber teureren Materials noch nicht rechtfertigen. Der gelegentliche Ersatz von defekten Messingrohren, auch zusammen mit der damit verbundenen Betriebsstörung, ist am Ende billiger als die generelle Einführung etwa der Legierung aus 85% Kupfer und 15% Nickel, die für die Kondensatorrohre der amerikanischen Kriegsflotte vorgeschrieben sein soll.

Die Kondensatorrohre enthalten 70—60% Kupfer und 30—40% Zink, zuweilen neben Zinn und neben weiteren geringen Verunreinigungen. Der Korrosionsangriff durch das (stets sauerstoffhaltige) Wasser erfolgt in der Weise, daß sowohl das Zink, als auch das Kupfer der Oberflächenschicht angegriffen werden. Sie bleiben auf dem Messing als Oxyde, basische Carbonate oder dgl. liegen. In Seewasser bilden sich auch Kupferchlorür und Zinkchlorid, basisches oder neutrales.

Der weitere Verlauf erfolgt in zwei verschiedenen Arten, als allgemeine oder selektive Korrosion, deren Bedingungen von BENGOUGH im vorliegenden Bericht treffend zusammengefaßt werden. Die *allgemeine Korrosion* tritt auf, wenn das oxydierte oder herausgelöste Kupfer keine Gelegenheit hat, durch Berührung mit Messing und unter evtl. Bildung von Lokalelementen von Messing wieder reduziert zu werden. Haben die Korrosionsprodukte eine derartige Beschaffenheit, daß sie das Messing nicht schützen, weil sie z. B. in lockerer, undichter Form abgeschieden werden, so schreitet die allgemeine Korrosion weiter. Da sie jedoch auf der gesamten Oberfläche des Messings vor sich geht und sich nur mit Hilfe des Sauerstoffs des Wassers, der in geringen Mengen zur Verfügung steht, vollzieht, so tritt eine lokale Durchfressung des Rohres erst nach langer Zeit auf und kann durch rechtzeitigen Ersatz vermieden werden. Ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn die Korrosionsschicht zwar undurchlässig ist, aber vom fließenden Wasser fortgespült wird, was insbesondere in der neuesten Zeit bei der steigenden Anwendung großer Wassergeschwindigkeiten bis zu ca. 6 m pro Sekunde immer häufiger eintritt (Erosion).

Ist dahingegen die durch allgemeine Korrosion entstandene Schicht, unter Umständen unter Mitwirkung von Salzen, die sich aus dem Wasser ausscheiden (z. B. Carbonate), fest und dicht, so kommt die Korrosion zum Stillstand, und ein Kondensatorrohr kann eine praktisch unbegrenzte Lebensdauer haben.

Wenn der Angriff des Messings durch See- oder Landwasser bei Zimmertemperatur erfolgt, so tritt beinahe immer allgemeine Korrosion auf. Ihr Verlauf wird durch den Zinkgehalt folgendermaßen beeinflußt. Mit steigendem Zinkgehalt wird die Korrosion beschleunigt, zugleich steigt aber auch die Neigung zur Bildung von erhärteten undurchlässigen Schichten der Korrosionsprodukte. Das hat zur Folge, daß das Muntzmetall (Messing mit 60% Kupfer und 40% Zink) bei Laboratoriumsversuchen bei Zimmertemperatur geringere Gewichtsänderungen erleidet als etwa das Messing mit 70% Kupfer. Deshalb ist es, besonders früher, vielfach für korrosionsbeständiger gehalten worden als die kupferreicheren Messingsorten und ihnen in der Praxis vorgezogen worden. Das trifft auch tatsächlich zu, aber nur so lange, als sich gute Schutzschichten ausbilden können. Wird ihre Bildung verhindert oder tritt Entzinkung auf, so kehrt sich die Sache um.

Aus diesem Beispiel ersieht man bereits, wie ungemein vorsichtig man bei der Bewertung und Verallgemeinerung von einzelnen Erfahrungen über Korrosion oder von Laboratoriumsversuchen sein muß. Fast alle Literaturangaben über feinere Unterschiede hinsichtlich der Korrosion bei verschiedenen Metallen und Legierungen sind wegen ungenügender Angabe der Beobachtungsbedingungen und wegen unerlaubter Verallgemeinerungen unsicher.

IV.

Vollzieht sich die allgemeine Korrosion dahingegen unter solchen Bedingungen, daß das angegriffene, in erster Linie in Gestalt von Kupferchlorür CuCl vorliegende Kupfer Gelegenheit hat, vom angrenzenden Messing wieder reduziert zu werden, so tritt die *Entzinkung* ein. Diese besteht darin, daß unterhalb eines irgendwie entstandenen Kupferteilchens das Messing als Ganzes in Kupfer umgewandelt wird, während das Zink in die Lösung entweicht.

Schon hieraus ersieht man, daß zur Entzinkung zwei Bedingungen erfüllt sein müssen:

[1]) Zeitschr. f. Metallkunde.

1. Der Sauerstoff muß Zutritt zum Messing haben;

2. Er darf nur *langsam* zufließen, um das Kupfer nicht wieder zu oxydieren.

Diese Bedingungen sind unter halbdichten Korrosionsprodukten, in erster Linie aber unterhalb des bereits abgeschiedenen porösen metallischen Kupfers erfüllt.

Schon daraus, daß die Entzinkung sich besonders leicht unter dem abgeschiedenen Kupferteilchen entwickelt, folgt, daß sie lokalen Charakter haben muß. Sie dringt dort in die Tiefe vor und kann in wenigen Wochen zum Ersatz des Messings durch Kupfer in der ganzen Rohrstärke führen. Das abgeschiedene poröse Kupfer ist mechanisch sehr wenig widerstandsfähig. Es wird vom Wasser herausgespült. Damit ist das Rohr durchbrochen und unbrauchbar geworden.

Die Entzinkung tritt mit Vorliebe bei höheren Temperaturen, hauptsächlich bei 40—50° ein. Die allgemeine Korrosion, gemessen an der Gewichtszunahme, ist hierbei etwas geringer. Die Gefahr der Entzinkung steigt sehr ausgesprochen mit steigendem Zinkgehalt. Beim Messing mit 60% Kupfer (Muntzmetall) ist sie bedeutend größer als bei 70% Cu. Diese zuerst von BENGOUGH gemachte Feststellung hat dazu geführt, daß erst in England, und später in steigendem Maße auch auf dem Kontinent, für die Kondensatorrohre nicht mehr das früher oft empfohlene Muntzmetall, sondern das Messing mit 70% Kupfer, dem zu einer weiteren Herabsetzung der Entzinkungsgefahr 1% Zinn zugesetzt wird, verwendet wird. Die Gefahr der Entzinkung wird durch Zusatz von einigen Hundertsteln Prozent Arsen zum 70proz. Messing unter praktischen Bedingungen anscheinend völlig behoben, wie neuere Laboratoriumsversuche von BENGOUGH gelehrt haben.

Der Vorgang der Entzinkung verdient eine eingehendere Betrachtung. Die erste Frage, die hierbei auftritt, ist, ob das Messing als Ganzes in Lösung geht unter Wiederausscheidung des Kupfers, oder ob Zink direkt aus dem Messing ausgelaugt wird. Letzterer Annahme widerspricht die Überlegung, daß die Entzinkung auch bei Legierungen mit ca. 10—20% Zink beobachtet werden kann. Nach der Theorie der Resistenzgrenzen von TAMMANN könnte das Zink aber nur *oberhalb* des Gehaltes der Resistenzgrenze herausgelöst werden, die für einige untersuchte Lösungsmittel etwa bei 50% Zink liegt. Es widerspricht ihr auch die Tatsache, daß man innerhalb des Entzinkungskraters niemals die Andeutung eines allmählichen Konzentrationsüberganges zwischen dem Kupfer und dem Messing finden kann. Die Grenze ist ganz scharf. Die Annahme des Herauslaugens des Zinks ist somit nicht haltbar[1]).

Wenn der Vorgang der Entzinkung sich nun durch Auflösung von Messing und Wiederausscheiden von Kupfer vollzieht, so entstehen sofort zwei weitere Fragen: 1. Spielt dabei die leichtere Angreifbarkeit des Messings dem Kupfer gegenüber, also der Unterschied ihrer elektrochemischen Potentiale eine Rolle? 2. Ist der Vorgang als ein elektrolytischer zu betrachten?

In der Literatur wird angegeben, daß die Reaktion

$$2\,CuCl \rightarrow Cu + CuCl_2$$

freiwillig verläuft, und MAASS und LIEBREICH schreiben ihr eine größere Bedeutung bei der Entzinkung zu. Ist das der Fall, so spielt die Gegenwart des Messings als solche bei der Abscheidung des Kupfers aus CuCl, das bei der Korrosion des Messings in Seewasser wohl immer primär entsteht, keine wesentliche Rolle. Demgegenüber bemerkt BENGOUGH, daß es ihm niemals gelungen ist, die freiwillige Zersetzung von Kupferchlorür sicher zu beobachten. Demnach muß das Kupfer aus dem Kupferchlorür zur Abscheidung herausreduziert werden, sei es durch das unedlere Messing, sei es durch lokale Konzentrationselemente, die besonders bei der ersten Abscheidung des Kupfers eine Rolle spielen können.

Da der Potentialunterschied zwischen Kupfer und Messing je nach den Bedingungen 0,10—0,25 Volt beträgt, so ist eine reduzierende Wirkung des Messings auf Kupfer auch elektrochemisch verständlich. Im Prinzip ist es also möglich, ein Element

$$\text{Messing} - CuCl \pm H_2O - \text{Kupfer}$$

zu bilden und den Vorgang *elektrochemisch* zu leiten, d. h. so, daß das Kupfer sich ausschließlich auf der Kupferelektrode abscheidet. Die viel umstrittene Frage, ob die Abscheidung des Kupfers in diesem Sinne elektrochemisch erfolgt, oder rein chemisch im Sinne von BENGOUGH, der eine Wiederabscheidung des Kupfers in unmittelbarer Nähe des Messingsangriffs annimmt, hat dann keine prinzipielle Bedeutung. Lokale Elemente, wenn auch in mikroskopischen Bezirken, werden immer entstehen müssen und der größte elektrochemische noch wirksame räumliche Abstand zwischen dem in Lösung gehenden Messing und dem wieder ausgeschiedenen Kupfer wird in erster Linie von der Leitfähigkeit des Elektrolyten abhängen.

V.

Wenn man bei der Kondensatorkorrosion das Augenmerk ausschließlich auf die Entzinkung zu lenken hätte, könnte man in der Verwendung eines arsenhaltigen Messings anscheinend eine unter normalen Verhältnissen zufriedenstellende Lösung erblicken. Neuerdings haben sich jedoch die Verhältnisse durch Verschiebung der technischen Bedingungen wieder kompliziert. Man ist heute bestrebt, das Vakuum in den Kondensatoren ständig zu verbessern. Man muß also bei *tieferen Temperaturen* arbeiten. Hierzu muß man aber höhere Geschwindigkeiten des Kühlwassers anwenden. Der erste Umstand setzt die Gefahr der Entzinkung herab, der zweite erhöht die Gefahr der Erosion, d. h. des

[1]) Vgl. z. B. v. WURSTEMBERGER, Zeitschr. f. Metallkunde 1921.

mechanischen Abspülens der Schutzschichten. Wenn man ferner berücksichtigt, daß in der neueren Zeit im Gegensatz zu früheren vorwiegend zinkärmere Messingsorten verwendet werden, die nur eine geringere Neigung zur Entzinkung haben, so wird man sich nicht wundern, daß nach den Angaben von BENGOUGH die Zahl der Versager durch Entzinkung von früher 60% auf nur 20% aller Versager herabgegangen ist.

Die so sorgfältig untersuchte lokale Entzinkung ist also gar nicht der Hauptfeind des Kondensators, man hat sein Augenmerk wieder auf die allgemeine Korrosion und auf die Erosion zu richten. Um diese zu bekämpfen, gibt es nur ein Mittel: chemisch und mechanisch widerstandsfähige Schutzschichten. Dem Problem der Bildung dieser Schichten wendet sich das Interesse der Korrosionsforschung in Kondensatorrohren nun beinahe ausschließlich zu, und BENGOUGH beschreibt eine Reihe von systematischen Versuchen, die der Entstehung und der Natur der Korrosionsprodukte gelten — erst bei Kupfer, dann beim Zink und zuletzt beim Messing. Er beschreibt auch einige erfolgreiche Versuche, die Entstehung solcher Schichten, z. B. durch Einwirkung von stehendem Seewasser künstlich hervorzurufen. Alle diese Versuche haben jedoch zunächst noch den Charakter vorläufiger Beobachtungen, um die eingangs erwähnten, äußerst komplizierten kolloidchemischen Probleme systematisch anzufassen.

VI.

Wir haben versucht, an der Korrosion der Kondensatorrohre die typische Entwicklung der Erforschung eines Korrosionsproblems kurz zu verfolgen. Wir haben gesehen, wie die Notwendigkeit, den äußeren Bedingungen eine große Aufmerksamkeit zu schenken, das Problem erschwert, wie es trotzdem gelungen ist, im Kampfe gegen die Entzinkung durch Wahl geeigneter Zusammensetzungen wesentliche Vorteile zu erreichen und wie zum Schluß durch Veränderung der technischen Bedingungen das Problem sich wieder verschiebt und der Hand des Forschers entgleitet. Ja, das bisherige praktische Hauptergebnis, die Vorschrift einer verbesserten Legierung, wird belanglos und nahezu illusorisch; man möchte meinen, daß man nichts erreicht hat, daß man wieder am Anfang des Weges steht.

Das ist jedoch keineswegs der Fall. Eine sehr weitgehende Klärung der Problemstellungen ist erreicht worden. Ohne die mühsamen Arbeiten von BENGOUGH und anderen wäre es nicht geglückt, dem Korrosionsproblem auch die noch lückenhafte prinzipielle Formulierung zu geben, die eingangs versucht wurde. Früher wußte man überhaupt nicht, worum es sich handelt. Heute wissen wir es wohl, und die exakte Wissenschaft sieht die — allerdings sehr dornenvollen — Wege vor sich, auf denen die Lösung der Korrosionsprobleme zu versuchen ist. Es ist tatsächlich möglich und es ist an der Zeit, die prinzipielle Verfolgung der Angelegenheit in die Hände der reinen Wissenschaft zu legen, wie es in England und auch in Deutschland in der chemisch-technischen Reichsanstalt neuerdings geschieht. Die technische Verfolgung der praktischen Seite der Probleme darf deshalb nicht ruhen.

Im obigen ist nur von der Korrosion der Nichteisenmetalle, insbesondere der des Messings die Rede gewesen. Das Gebiet der Eisenkorrosion ist noch erheblich schwieriger infolge der erdrückenden Mannigfaltigkeit der Bedingungen, denen es in der Praxis ausgesetzt wird. Speziellere Probleme eignen sich für die erste Durchforschung besser.

Die Ameisenmimikry.

Von ERICH WASMANN, S. J., Aachen[1])

(Schluß.)

IV.

Wenden wir uns jetzt zur *Tastmimikry*. Es ist bekannt, daß die Fühler für die Ameisen die biologisch wichtigsten Organe sind für ihre Beziehungen zur Umwelt. Insbesondere dienen sie zur Orientierung. Für die Fernorientierung kommt jedoch für viele Ameisen, deren Lichtsinn gut entwickelt ist, dieser in noch höherem Grad in Betracht[2]), was SANTSCHI durch seine Lichtkompaßtheorie zum Ausdruck gebracht hat. Zur Nahorientierung dienen jedoch fast nur die Fühler, und zwar vorwiegend die Fühlerspitzen, Alles, was einer Ameise auf ihrem täglichen Lebenswege begegnet, wird mit den Fühlerspitzen auf seine anziehenden oder abstoßenden Qualitäten untersucht. Am allerwichtigsten und allerstrengsten aber ist das Fühlerexamen, dem sie ein ihren Weg kreuzendes lebendiges Wesen unterzieht, ob es Freund oder Feind, Koloniegenosse oder Fremdling, Beutetier oder Kamerad ist. Da nun aber die Gäste des Mimikrytypus sich den Ameisen gegenüber als Kameraden aufspielen, d. h. als etwas ihnen Ähnliches, zu ihnen Gehöriges vorstellen müssen, wenn ihnen die Begegnung nicht schlecht bekommen soll, so ist es ohne weiteres klar, daß sie auf „Tastmimikry" sich zu verlegen haben. Das ist jedoch nicht so einfach, wie es aussieht. Die Analyse des Begriffs der Tastmimikry zeigt, daß die wissenschaftliche Ameisenmimikry *rein gar nichts zu tun hat* mit oberflächlichen Anthropomorphismen, sondern

[1]) Nach einem auf dem III. Internationalen Kongreß für Entomologie zu Zürich am 24. Juli 1925 gehaltenen Vortrag. Von den Lichtbildern konnte hier nur ein Teil reproduziert werden.

[2]) Siehe besonders R. BRUN, Die Raumorientierung der Ameisen, Jena 1914 und F. SANTSCHI, L'orientation sidérale des Fourmis, Lausanne 1923 (Mém. soc. vaud. scienc. nat. Nr. 4).

wie zugeschnitten ist *auf die eigenartigen Sinnesqualitäten der* Ameisen sowie *auf den eigenartigen Gebrauch*, den sie von ihren Sinneswerkzeugen machen.

Man kann eine *aktive* und eine *passive* Tastmimikry unterscheiden. Erstere bedeutet die Nachahmung des Fühlerverkehrs der Wirte durch den Gast und kommt hauptsächlich in Betracht bei jenen Gästen des Mimikrytypus, die bereits Symphilen geworden sind. Die passive Tastmimikry umfaßt dagegen alle jene Eigenschaften des Gastes, die Gegenstand einer Prüfung durch die Ameisenfühler werden können, also neben den körperlichen Merkmalen auch sein ganzes Benehmen (Bewegungsweise, Haltung usw.), ob es wirtsähnlich ist oder nicht. Hier haben wir uns zunächst nur mit dem materiellen Gegenstand der „Tastmimikry" zu befassen. Aber da höre ich gleich den naheliegenden Einwand: Ist denn dieses Wort überhaupt zutreffend als Ausdruck für dasjenige, was der Gast den Ameisen bieten muß, falls sie ihn „für ihresgleichen" halten sollen[1])? Muß es nicht heißen: *„Tastgeruchsmimikry"* statt *„Tastmimikry"*?

So müßte es in der Tat eigentlich heißen. Deshalb hat bereits M. C. PIEPERS[2]) (1903) gegen die Hypothese der Tastmimikry folgendermaßen argumentiert. Die Ameisen unterscheiden Freund und Feind bei der Berührung mit den Fühlerspitzen am Geruch, nicht an der Gestalt. Wenn also ein Gast einen den Wirtsameisen entsprechenden Geruch hat, so ist eine Nachahmung der Ameisengestalt für ihn ganz überflüssig; hat er ihn aber nicht, so hilft ihm eine auch noch so vollendete Ameisengestalt rein nichts. Somit beruht die ganze Theorie der Tastmimikry auf einem sinnesphysiologischen Irrtum. — So durchschlagend dieser Einwand erscheint, so wenig beweiskräftig ist er, weil er einen anthropomorphistischen Fehlschluß enthält. Daß der Geruchssinn der biologische Hauptsinn der Ameisen ist, und daß er ferner in erster Linie die Diagnose von Koloniegenosse oder Fremdling vermittelt, ist zweifellos richtig. Falsch ist es jedoch, ihn sich *vom Tastsinn getrennt* vorzustellen, wie bei uns. Bei uns können die Tastorgane (die Fingerspitzen) nicht riechen, und unser Geruchsorgan (die Nase) sitzt unbeweglich in der Mitte des Gesichts und kann nicht tasten. Die Ameisen haben dagegen in ihren Fühlern „bewegliche Nasen", die zugleich tasten und riechen können. Wenngleich verschiedene nervöse Endorgane (Tastborsten und Riechkolben) es sind, die jenen beiden Sinnesqualitäten dienen, so bildet die tatsächliche Wahrnehmung derselben bei Berührung eines Gegenstandes mittels der Fühlerspitzen dennoch *eine untrennbare Einheit*, eine sogenannte *Komplexqualität*. Und wenn es richtig ist, daß die Tiere überhaupt keine „dinghaften" Wahrnehmungen und Vorstellungen haben, indem sie nicht das Objekt abstrahieren von seinen Eigenschaften und auch ebensowenig eine Eigenschaft von der anderen abstrahieren, sondern überhaupt nur „Komplexqualitäten" wahrnehmen[1]), so ist es doppelt richtig für die den Ameisen durch ihren Fühlersinn vermittelten Wahrnehmungen. Die Elemente der Geruchs- und der Tastempfindung, die in einer und derselben Berührung eines Objektes mittels der Fühlerspitzen enthalten sind, schließen sich zu einer *einheitlichen, untrennbaren* Komplexqualität der *„Geruchsform"* des Gastes zusammen, die wir uns zwar nicht vorstellen aber doch denken können. Hiermit dürfte das physiologische Wesen der Tastmimikry wohl genügend aufgeklärt sein. Wenn ein Käfer, der wirtsähnlich riecht, zugleich auch wirtsähnlich gestaltet ist, so wird dadurch die *ganze* Geruchsform des Gastes *vollkommener mimetisch*.

Aber das genügt noch immer nicht für die wissenschaftliche Brauchbarkeit des Begriffs „Tastmimikry"; denn wir Menschen wollen durch ihn ja ausdrücken, daß irgend ein Käfer vom Ameisenstandpunkt aus eine „Geruchsform" besitze, die ihn zu einem „täuschenden Nachbild" seiner Wirte macht! Dürfen wir das? Wir Menschen vermögen mit unserem Geruchsorgan nicht zu beurteilen, ob der Käfer einen Geruch hat, der demjenigen seiner Wirte genau entspricht, und noch weniger, ob er ihnen sympathisch ist. Das *Geruchselement* in der Komplexqualität „Geruchsform" bleibt somit für uns *unkontrollierbar*. Sogar das *Tastelement*, die Formähnlichkeit zwischen Gast und Wirt, entzieht sich einer experimentellen Nachprüfung, weil beide viel zu klein und zu zart sind, als daß wir mit unseren klobigen Fingerspitzen — und wären es selbst die zartesten Damenhände — ein Gestaltexamen an den 3—6 mm langen Wesen anstellen könnten. Was ist da zu machen? Gegen die erstere Schwierigkeit ist schon durch die untrennbare Einheit beider Elemente in der tatsächlichen „Geruchsform" vorgesorgt; wenn wir das *eine* Element fassen, haben wir eben *beide vereint* gefaßt. Zur Lösung der zweiten Schwierigkeit dienen die folgenden, unserer eigenen Sinneserfahrung entlehnten Erwägungen. Wenn wir einen schmalen, mehr oder weniger gewölbten und gegliederten Gegenstand — nicht einen breiten, flachen — betasten und ihn dann von der Seite betrachten, so finden wir, daß sein *„Profilbild"* ziemlich genau seinem *„Tastbild"* entspricht. Wir müssen also die Gäste und ihre Wirte von der Seite in hinreichender Vergrößerung photographieren, um uns ein Urteil darüber zu bilden, welche Gäste zum Typus der Tastmimikry zählen, welche nicht. Die Oberansicht ist dafür gar nicht maßgebend, ja vielfach sogar irreführend, sei es nach der positiven, sei es nach der negativen Seite hin, wie ich 1925 (S. 100 f. und 119 ff.) an Beispielen gezeigt habe; einzig die Seitenansicht entscheidet.

Diese kann mehr oder minder dem Profilbild

[1]) Nur der Anschaulichkeit für unsere Vorstellung wegen sage ich „für ihresgleichen". Die psychologische Korrektur dieses anthropomorphen Begriffs wird noch folgen.

[2]) Mimikry, Selektion, Darwinismus (Leiden).

[1]) Siehe HANS VOLKELT, Über die Vorstellungen der Tiere. Leipzig 1914.

Fig. 8. *Dromanomma hirtum* Wasm. 7×. Bei *Anomma Wilverthi* Em. Kongo.

Fig. 10. *Ecitophya simulans* Wasm. ♀. 6,5×. Bei *Eciton Burchelli* Westw. Brasil.

Fig. 9. *Ecitophytes coniceps* Wasm. 8×. Bei *Eciton quadriglume* Hal. Brasil.

Fig. 9a. *Eciton quadriglume* Hal. ☿. 7×. Brasil.

der Wirte entsprechen, je nach dem Grad der Mimikry. Die Tastmimikry der dorylophilen Aleocharinen *beginnt* mit der wirklichen oder scheinbaren Formähnlichkeit einzelner Körperabschnitte des Gastes mit jenen des Wirtes, *schreitet fort* zur Ausbildung einer formvollendeten aber gleichsam verfeinerten Ameisengestalt und *gipfelt* endlich in der Nachahmung der Fühlerform des Wirtes. Vergleichen wir z. B. die Seitenansichten von *Dromanomma hirtum* (Fig. 8), *Ecitophytes* coniceps (Fig. 9), *Ecitophya* simulans (Fig. 10) und *Mimeciton Zikáni* Wasm. (Fig. 3). Bei *Dromanomma* wird der Ameisenhinterleib von *Anomma Wilwerthi* nur durch die aufgerollte Haltung des Käferabdomens nachgeahmt, nicht durch dessen wirkliche Gestalt wie bei den folgenden Gattungen, wo der Hinterleib eiförmig gewölbt und überdies gestielt ist. Bei *Ecitophytes* (Fig. 9) ist die Formähnlichkeit der einzelnen Körperabschnitte mit jenen des Wirtes (*Eciton quadriglume* Hal. Fig. 9a) schon ziemlich vollkommen; der Kopf ist jedoch im Verhältnis zum Ameisenkopf zu schmal, dafür aber um so länger, eine Erscheinung, die uns noch bei 5 anderen Gattungen dorylophiler Staphyliniden begegnet[1]); ferner zeigt die Fühlerform nur eine ganz entfernte Ähnlichkeit mit jener der Ameise. Bei *Ecitophya* (Fig. 10) sehen wir bereits eine ganz ausgesprochene Nachahmung der Fühlerform des Wirtes (*Eciton Burchelli* Westw.); aber der Schaft des Ameisenfühlers, der nur aus *einem* Gliede besteht, ist im Nachbild durch die Verlängerung des ersten *und* des dritten Gliedes gleichsam gefälscht dargestellt. Den Höhepunkt der Tastmimikry der Dorylinengäste zeigt uns *Mimeciton* (Fig. 3 und 3a) durch eine in ihren einzelnen Teilen getreue, im Gesamteindruck jedoch verfeinerte, gleichsam idealisierte Kopie der Wirtsgestalt (*Eciton praedator*, vgl. Fig. 3a). Die Fühler dieses „Ecitonaffen" gleichen in ihrer Form vollkommen jenen der gleichgroßen Arbeiterklasse des Wirts, obwohl sie nur zehngliedrig sind, nicht zwölfgliedrig wie bei dieser. In der Fühlerbildung von *Mimeciton* verbindet sich die passive Mimikry mit der aktiven, indem sie den Fühlerverkehr der Wirte möglichst vollkommen nachzuahmen ermöglicht. Tatsächlich zählt *Mimeciton* zu den Symphilen oder „echten Gästen", obwohl er seinem morphologischen Typus nach zum Mimikrytypus, nicht zum Symphilentypus gehört, weil spezialisierte äußere Exsudatorgane fast gänzlich

[1]) Es ist, als ob die mangelnde Breite durch die größere Länge im Tastbild ersetzt werden sollte. Eine entsprechende Verbreiterung des Kopfes scheint nämlich bei den Aleocharinen durch innere morphogenetische Ursachen ausgeschlossen zu sein.

Fig. 11. *Diploeciton constrictum* Wasm. ♀. 12×. Bei *Eciton pilosum* Sm. Brasil.

Fig. 11a. *Diploeciton constrictum*. ♂. 12×. Seitenansicht.

Fig. 12. Mittlerer ☿ von *Eciton pilosum* Sm.

Fig. 13. *Dorylominus Kohli* Wasm. 8×. Bei *Anomma Wilverthi* Em. Kongo.

Fig. 14. *Dorylocratus rex* Wasm. 6,5×. Bei *Anomma Wilverthi*. Kongo.

fehlen[1]). Anders verhält es sich mit *Dorylocratus* (Fig. 14) vom belgischen Kongo, bei dem auf den Mimikrytypus von *Dorylomimus* (Fig. 13) der höchstentwickelte Symphilentypus aufgebaut ist, den wir unter den myrmecophilen Staphyliniden überhaupt kennen.

Daß wir in der obigen Stufenreihe der Entwicklung des Tastmimikrytypus der dorylophilen Aleocharinen keine „Ahnenreihe" zu sehen haben, ist selbstverständlich. Polyphyletische, auf Konvergenz beruhende Entstehung der analogen Anpassungstypen ist hier überhaupt die gewöhnliche Regel. Es gibt allerdings auch Fälle, wo wir einen direkten stammesgeschichtlichen Zusammenhang zwischen Gattungen, die eine Stufenreihe bilden, annehmen müssen, so z. B. zwischen *Dorylomimus* und *Dorylocratus;* aber das sind ziemlich seltene Ausnahmen[2]).

Unter den soeben aufgeführten Aleocharinengattungen des Mimikrytypus gesellt sich bei jenen, die bei *Eciton*arten mit gutentwickelten Seitenocellen leben, nämlich bei *Ecitophytes* und *Ecitophya*, zur Tastmimikry auch eine vollendete Gesichtsmimikry (s. oben), indem die Käfer bis in die Einzelheiten ihres Kolorits mit der gleichgroßen Arbeiterform des Wirtes übereinstimmen; bei den übrigen besteht keine gesetzmäßige Ähnlichkeit der Färbung zwischen Gästen und Wirten, welche teils ganz blind sind (*Dorylus-Anomma*), teils wenigstens in der (ihrer eigenen Größe entsprechenden) kleinsten Arbeiterform keine Spur von Seitenocellen haben (*Eciton praedator*). Am ausgeprägtesten ist der farbige Kontrast zwischen Gast und Wirt bei den *Mimeciton*, die rotgelb sind, die Wirte tiefschwarz.

In *Mimeciton* erreicht die Tastmimikry ihren *Kulminationspunkt*, aber sie kann hier nicht „hy-

[1]) Näheres zur Unterscheidung der morphologisch-biologischen Anpassungstypen der Myrmecophilen siehe Ameisenmimikry 1925, S. 35ff. und im ersten der beiden Sachregister.

[2]) Siehe 1925, S. 114.

pertelisch", d. h. über das Ziel hinausreichend, genannt werden. Selbst bei *Diploeciton constrictum* Wasm. (Fig. 11 und 11a) kann man nicht von eigentlicher Hypertelie der Mimikry reden, obwohl der Gast doppelt so viele Körpereinschnitte besitzt als seine Wirtsameise (*Eciton pilosum* Sm. Fig. 12); denn dies läßt sich biologisch verstehen aus dem Mimikryprinzip selber, weil nämlich der Käfer die mittlere Länge der Arbeiterform seines Wirts überschreitet und daher für letztere bei Berührung mit den Fühlern „ein sehr ausgedehntes Etwas" bildet, das an jeder beliebigen Berührungsstelle eine ihrem eigenen Körper ähnliche Kurve aufweisen muß[1]). Anders verhält es sich jedoch bei *Mimanomma spectrum* (Fig. 4 und 4a) Wasm., dem abenteuerlichsten Vertreter des Tastmimikrytypus, den wir bisher kennen. Als ich ihn 1912 zum erstenmal aus Kamerun erhielt, wo er in den Zügen von *Anomma Sjostedti* lebt, mußte ich erst an den mikroskopischen Präparaten der Mundteile und der Tarsen des sonderbaren Wesens feststellen, ob es ein Käfer oder eine Microhymenoptere sei. Bei Oberansicht gleicht es einer kleinen Stabheuschrecke mit dickem Hinterleib, ist also phasmoid nicht myrmecoid. In der Seitenansicht enthüllt sich uns jedoch eine lächerlich in die Länge gezogene Ameisengestalt mit zweigliedrigem Hinterleibsstiel (*Anomma* besitzt nur einen eingliedrigen) und einem echten fünfgliedrigen Ameisenhinterleib; die Fühler sind jenen der kleinsten Arbeiterform des Wirtes nachgebildet, alles aber, was zwischen jenen beiden Körperenden liegt, ist einfach stabförmig. Man muß *Mimanomma* mit der verwandten Gattung *Dorylostethus* (in Südafrika bei *Dorylus helvolus* L.) vergleichen, um das Tier als Endpunkt eines hochgradig hypertelischen mimetischen Prozesses zu verstehen.

Die Betrachtung von *Mimanomma* führt unmittelbar zu einer Berichtigung des anthropomorphen Begriffes *„täuschende Ähnlichkeit"*, der der ganzen Mimikryhypothese zugrunde liegt. Daß die Ameisen jenen kleinen Gesellen bei Prüfung mit den Fühlern „mit ihresgleichen verwechseln", ist ausgeschlossen. Wenn sie ihn also trotz ihrer Raublust dennoch nicht bloß dulden, sondern als echten Gast pflegen, so wird das seinen psychologischen Grund darin haben, daß sein Tastgeruchsbild auf die blinden Wirte einen besonders anziehenden Eindruck macht, einen Eindruck, der zwar einerseits Elemente der Ähnlichkeit mit einer „befreundeten Ameise" enthält, andererseits jedoch auch ganz absonderliche Verschiedenheiten, so daß *Mimanomma* für die sensorische Umwelt seines Wirtes *eine Komplexqualität ganz eigener Art* bedeutet. Die Verwechslungshypothese, nach welcher die Ameisen ihre Gäste des Mimikrytypus „mit ihresgleichen verwechseln", erweist sich überhaupt als gänzlich unhaltbar[2]). Dies gilt selbst für den Höhepunkt der Tastmimikry bei *Mimeciton*. Der kleine Käfer ist viel stärker punktiert und viel feiner und dichter behaart als die betreffende Arbeiterform seines Wirtes, was dem feinen Fühlertastsinn von *Eciton* unmöglich entgehen kann; er ist zudem „ein viel zierlicheres Ameischen" als sie selber und kann für sie deshalb wiederum nur ein „besonders anziehendes Etwas, eine Komplexqualität ganz eigener Art" bedeuten, für die unsere menschliche Sprache keinen Ausdruck hat.

[1]) Siehe 1925, S. 125 ff. u. Taf. II. Fig. 5a, b, c.

[2]) Siehe 1925, S. 125, 129, 177ff.

V.

Nachdem ich in meiner Studie von 1925 (S. 107 bis 133) als Abschluß fast vierzigjähriger, von Jahr zu Jahr sich bereichernder Tatsachenkenntnis die *Gesetzmäßigkeiten der Mimikry bei dorylophilen Staphyliniden*, besonders aus der Unterfamilie der Aleocharinen, durchgearbeitet hatte, glaubte ich zum Verständnis der Tastmimikry bei Myrmecophilen *überhaupt* gelangt zu sein. Aber das war eine Selbsttäuschung. Auf Grund der mir am zahlreichsten vorliegenden dorylophilen und besonders der ecitophilen Vertreter des Mimikrytypus unter den Staphyliniden hatte ich zwar die *ecitonoide*, bzw. die *doryloide* Tastmimikry verstehen gelernt und ihre Gesetze erforscht. Ihr Formalobjekt ließ sich kurz ausdrücken als die „Geruchsform" der Gäste, die in der Seitenansicht auch für unser Auge zutage tritt; dieses Ergebnis durfte jedoch nicht verallgemeinert werden. Nicht abstrakte Spekulationen, sondern ein neuer Fund meines eifrigen brasilianischen Korrespondenten P. BUCK sollten mich darüber aufklären. Er entdeckte nämlich Ende September 1924 bei Porto Alegre im Nest einer Blattschneiderameise (*Acromyrmex lobicornis* Em., Fig. 16) mitten unter den Ameisen einen neuen, ziemlich großen Staphyliniden, der zur Unterfamilie der *Paederinae* gehört; ich beschrieb ihn als *Attaxenus horridus* (Fig. 15). Er vereinigt in sich *eine hochgradige Tast- und Gesichtsmimikry*, aber erstere ist grundverschieden von jener der Ecitongäste. Seine Seitenansicht zeigt keine Spur von Ähnlichkeit mit dem Profil des Wirtskörpers; dafür ist er gleich letzterem stachelborstig behaart und von höckeriger Skulptur; der herzförmige Kopf ist, von *oben* gesehen, das verkleinerte Abbild eines Attakopfes. Wie ist dieses Rätsel zu lösen?

Es war mir schon lange bei einer Reihe neotropischer Staphyliniden, die bei *Atta* (und der Untergattung *Acromyrmex*) leben, aufgefallen, daß sie ein Kleid von dicken, spitzen Borsten trugen und — bei einer Größe von über 5 mm — auch eine rauhe Skulptur der Flügeldecken zeigten[1]). Sie unterschieden sich dadurch von zahlreichen anderen systematischen Verwandten, die gleich ihnen die Attanester bewohnen. Daß etwas besonderes mit ihnen los sei, ahnte ich wohl; aber ich wagte nicht, sie zum Mimikrytypus zu stellen, weil meine Vorstellungen über die Tastmimikry einseitig zugeschnitten waren auf die Ecitongäste. Das war

[1]) Im Anhang von 1925 (S. 163f.) ist eine Übersicht derselben gegeben.

ein Denkfehler; denn *das Prinzip der Tastmimikry* besagt klar folgendes:

Die Ameisen erhalten bei Berührung des fremden Insekts mittels ihrer Fühlerspitzen einen Eindruck, der jenem ähnlich ist[1]*, den sie erhalten, wenn sie ihre eigenen Koloniegefährten mit den Fühlern berühren.* Vom Geruchselement dieser Komplexqualität können wir aus den oben dargelegten Gründen absehen. Das Tastelement ist aber abhängig von zwei Hauptfaktoren: erstens vom zuuntersuchenden *Objekt* und zweitens von der *Untersuchungsmethode*. Das nächste Objekt der Untersuchung ist stets das *Chitinkleid* des Fremden, das sehr verschiedenartig sein kann. Als Gegenstand der *Tastmimikry* wird es offenbar bestimmt durch die Ähnlichkeit mit dem *eigenen Chitinkleid*, welches gleichsam die Elle darstellt, nach welcher der Eindruck psychologisch bemessen wird. Ist das Chitinkleid kahl oder nur mit relativ dünnen, schmiegsamen Borsten besetzt, so können die prüfenden Fühler der *Oberflächenkurve* des Tastobjektes folgen und dadurch ein Tastbild erhalten, das dem *Profilbild* des nämlichen Gegenstandes für unser Auge entspricht. Dies trifft zu bei *Eciton* und überhaupt bei den Dorylinen, welche niemals starre Vorsprünge des Chitintegumentes besitzen. Also hatten wir die *ecitonoide* (bzw. die *doryloide*) Tastmimikry richtig eingeschätzt, indem wir als ihr Formalobjekt die Geruchs*form* der Gäste bezeichneten.

Wie ist es aber bei Ameisen, die ein Chitinkleid tragen, das mit Stacheln oder stachelartig steifen Borsten oder mit vorspringenden Höckern besetzt ist? Da können die tastenden Fühler wohl die Vorsprünge selber wahrnehmen, sie können auch zwischen ihnen bis auf die Körperoberfläche herabgleiten und deren Unebenheiten empfinden. Aber sie können bei der Untersuchung *keine kontinuierliche Kurve* beschreiben mit den Fühlerspitzen, weil diese aus ihrer Bewegungsrichtung fortwährend mechanisch abgelenkt werden durch die starren Vorsprünge des Integuments: darum kann das *Tastbild*, das sie — sowohl von ihresgleichen als von ihren Gästen — liefern, *niemals ein Profilbild werden*. Diese Verhältnisse treffen wir aber gerade bei den *Attini* in extremer Weise, und deshalb wird das Formalobjekt der *attoiden* Tastmimikry niemals die Geruchs*form*, sondern nur das Geruchs*kleid* der Gäste sein, und dieses Kleid wird hauptsächlich bestimmt durch seine *vorspringenden* Elemente.

An erster Stelle ist es somit *die verschiedene Oberflächenbeschaffenheit des Integuments* von *Eciton* und von *Atta*, was den so großen Unterschied zwischen der ecitonoiden und attoiden Tastmimikry bedingt. An zweiter Stelle kommt noch hinzu *die Verschiedenheit der instinktiven Untersuchungsmethode bei beiden Ameisengattungen*. Die neotropischen *Eciton* und in noch höherem Grade die afrikanischen *Anomma* sind äußerst bewegliche, hastige, nervöse Gesellen, die auf ihren Jagdzügen in eiligem Lauf einherstürmen und dabei alles was ihnen begegnet, mit den Fühlern prüfen. Dies geschieht, ihrer Bewegungsweise entsprechend, meist von der Seite; und dabei muß ihnen das Hinterende des Objektes, das sie im Vorbeilaufen

Fig. 15.

Fig. 15a.

Fig. 15. *Attaxenus horridus* Wasm. 10×. Bei *Acromyrmex lobicornis* Em. Brasil.
Fig. 15a. Seitenansicht desselben.

Fig. 16. *Acromyrmex lobicornis* Em. ☿. 10×1.

prüfen, mehr auffallen als das Vorderende, da ersteres ihnen zuletzt entschlüpft. Die *Atta* hingegen sind vergleichsweise ruhige, phlegmatische Gesellen, die das fremde Insekt, das ihnen in oder vor dem Nest begegnet, auf sich zukommen lassen und es dann, von vorn beginnend, mit den Fühlern prüfen. Dabei ist ihnen der Kopf die Hauptsache, der Schwanz die Nebensache; denn sie erkennen sich ja auch untereinander als Koloniegenosse oder als Fremdling hauptsächlich durch Be-

[1]) Aber auch *nur* „ähnlich". Siehe oben.

rührung des Kopfes des Partners, wie wir es an unseren einheimischen Ameisen ebenfalls zu sehen gewohnt sind.

Vergleichen wir nun auf dieser psychologischen Grundlage *die Gäste* des Tastmimikrytypus bei *Eciton* (und *Dorylus-Anomma*) einerseits und bei *Atta* (und *Acromyrmex*) andererseits. Bei den Eciton- und *Dorylus*-Gästen finden wir nicht bloß, daß das Tastbild dem Profilbild entspricht, sondern auch, daß an diesem Bild das Hinterende sorgfältiger ausgeführt ist als das Vorderende. Mit der steigenden Vollkommenheit der ecitonoiden (bzw. doryloiden) Tastmimikry nimmt der breit aufsitzende, schlanke, spitz kegelförmige, oben flache oder schwach ausgehöhlte Hinterleib der Aleocharinen immer mehr die Form eines gestielten Eies oder einer gestielten Kugel an. Wir sehen dies an *Dorylogaster*, *Dorylomimus* (Fig. 13), *Dorylostethus* und *Mimanomma* (Fig. 14) in Afrika, wie an *Ecitomorpha*, *Ecitophya* (Fig. 10) *Ecitophytes* (Fig. 9) und *Mimeciton* (Fig. 3) in Brasilien. Dagegen bleibt die Formähnlichkeit des Gast*kopfes* mit dem Wirtskopf eine viel geringere, abgesehen davon, daß auf dem Höhepunkt der Tastmimikry die *Fühler* des Gastes die Form der Wirtsfühler annehmen, was jedoch nicht mit der passiven, sondern mit der aktiven Mimikry zusammenhängt. Bei den *Attagästen* des Tastmimikrytypus finden wir nicht bloß keine Nachahmung des Körperprofils des Wirtes, von dem nur die Vorsprünge des Chitinkleides nachgeahmt werden, sondern in dem Nachbild ist auf den *Kopf* viel größere Sorgfalt verwandt als auf den Schwanz! Darüber kann uns am besten der höchste Vertreter der attoiden Mimikry *Attaxenus horridus* (Fig. 15) Aufschluß geben. Seine Hinterleibsform unterscheidet sich kaum von jener der freibleibenden verwandten Paederinen (*Stilicus* usw.), ja sie ist sogar noch weniger gewölbt und deshalb weniger „ameisenähnlich" als bei diesen. Dafür ist der Kopf das verkleinerte Abbild des herzförmigen Attakopfes — aber nur von oben gesehen! Warum das? Weil die Wirtsameisen hauptsächlich den Kopf des Käfers mit ihren Fühlern prüfen und bei diesem Examen nicht auf starre, die Bewegungsrichtung der Fühlerspitzen ablenkende Borsten stoßen. Der Kopf von *Attaxenus* ragt ja nach vorn vor und ist zwar lang und dicht, aber ziemlich fein abstehend behaart, nicht mit Stachelborsten versehen wie der übrige Körper. Somit kann auch die *Form* des Kopfes mittels der Fühlerspitzen wahrgenommen werden. Durch den Vergleich mit *Ecitolycus*, einem Synechthren des Trutztypus, der bei *Eciton quadriglume* lebt, ließ sich auch zeigen (1925, S. 160), daß die Ausrandung des Hinterkopfes bei *Attaxenus* und bei *Ecitolycus* eine verschiedene biologische Bedeutung besitzt, bei ersterem eine imitative, bei letzterem eine protektive. Daß ebenso wie das stachelborstige Körperkleid, so auch die hökerige Skulptur der Flügeldecken von *Attaxenus* in den Bereich der attoiden Tastmimikry fällt, wurde bereits oben erwähnt.

Was uns jedoch bei diesem Mimikrytypus auffällt, ist, daß die habituelle Myrmecoidie der Gestalt, die den selbständig lebenden Verwandten (*Stilicus*, *Scopaeus* usw.) dadurch zukommt, daß ihr Halsschild nach vorn kegelförmig verengt ist und durch einen mehr oder weniger langen, dünnen Hals (s. z. B. *Echiaster*) mit dem Kopf sich verbindet, *durch die Tastmimikry vollkommen weggefallen ist*. Jene Myrmecoidie war eben keine „echte Mimikry", sondern eine bloße „Pseudomimikry", die wohl dem Auge des Entomologen imponieren kann, nicht aber den Fühlern der Ameise. Bei *Attaxenus* ist der Hals nur sehr kurz und der Prothorax stark verbreitert, ganz abweichend von der Thoraxbildung der übrigen *Paederinae*.

Die *Gesichtsmimikry* von *Attaxenus* steht auf derselben Höhe wie jene von *Ecitophya* und *Ecitophytes* unter den Ecitongästen, d. h. die *Färbung* der gleichgroßen Arbeiterform des Wirtes wird *vollkommen genau nachgeahmt*. Daß die *Skulptur*ähnlichkeit mit dem Wirtskleid nicht auf Rechnung der Gesichts- sondern der Tastmimikry bei beiden kommt, wurde bereits oben bemerkt. Es ist übrigens merkwürdig, daß *Attaxenus*, der bei einer Ameise mit gut entwickelten Netzaugen lebt — die gleichgroßen, 6—7 mm langen Arbeiter haben nach meiner Zählung 200—250 Facetten an jedem Auge — es in der Gesichtsmimikry nicht höher bringen konnte als Gäste von *Eciton*, die an Stelle der Netzaugen nur äußerst kleine einfache Ocellen besitzen. Die *Färbungs*ähnlichkeit ist bei beiden gleich hoch; die *Form*ähnlichkeit mit dem Wirt ist aber bei beiden nicht Gegenstand der Gesichts-, sondern *nur* der Tastmimikry — mag nun die betreffende Wirtsameise ganz blind sein oder einfache Seitenocellen oder facettenreiche Netzaugen haben!

Es lag nun nahe, *die Gesetze der Mimikry* in eine knappe, leicht übersichtliche Formel zu bringen, wie man dies auch auf anderen Gebieten versucht hat[1]). In Gestalt von Funktionen dargestellt, lassen sich die betreffenden biologischen Verhältnisse in prägnanter Kürze charakterisieren, obwohl die „Mimikrygleichungen", die man auf diesem Wege gewinnt, keinen mathematisch-exakten, sondern bloß einen allegorisch-heuristischen Wert besitzen. Im Anhang meines Buches „Die Ameisenmimikry" (S. 161ff.) wurde dieser Versuch wenigstens angedeutet. Wenn wir die Tastmimikry mit *tm* bezeichnen, den Fühlersinn der Wirte mit *fw* und ihr Kleid mit *kw*, so erhalten wir die Gleichung:

$$tm = F\,(fw + \underline{kw}).$$

Hier springt sofort in die Augen, daß der für die Verschiedenheit der attoiden von der ecitonoiden Tastmimikry eigentlich *ausschlaggebende* variable Faktor nicht, wie man erwarten sollte, *fw*, sondern *kw* ist. In ähnlicher Weise lassen sich auch die

[1]) Siehe z. B. F. ALVERDES im Zool. Anz. **60**, 294ff. 1924. Von mathematischen Regeln wie bei den Mendelschen Vererbungsgesetzen kann hier natürlich keine Rede sein.

kombinierte Tast- und Gesichtsmimikry und die Mimikry überhaupt in kurze Formeln fassen, welche den Vorteil haben, daß sie zum Vergleich mit ähnlichen Verhältnissen durch Auswechslung der Faktoren gleichsam drängen und dadurch den Überblick über die Gesetzmäßigkeiten, die der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen zugrunde liegen, für unseren Geist erleichtern. Selbst auf die Gefahr hin, daß manche der so geschaffenen Kombinationen bei näherer Prüfung sich als irrtümlich erweisen und verbessert werden müssen, halte ich derartige Versuche keineswegs für eine unnütze Spielerei. Denn sie sind der erste Schritt zu einer exakten kausalen Kenntnis der Anpassungsverhältnisse, von der wir ja noch meilenweit entfernt sind. Ich ziehe jedenfalls eine erst unsicher tastende Forscherarbeit einer rein negativen Kritik an der Mimikrytheorie vor. *Errando discimus, non negando!*

Besprechungen.

HAAS, ARTHUR, **Atomtheorie in elementarer Darstellung.** Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1924. VIII, 204 S. und 56 Abb. 16 × 24 cm. Preis geh. 5,40, geb. 6,80 Goldmark.

Eine neuerscheinende zusammenfassende Darstellung der modernen Atomtheorie können wir nur richtig bewerten, wenn wir sie in Parallele stellen zu A. SOMMERFELDS bekanntem Buche Atombau und Spektrallinien. Dieses wandte sich bekanntlich in seiner ursprünglichen Form an den weiteren Kreis aller naturwissenschaftlich interessierten Leser, hat aber in seinen schnell aufeinander folgenden neuen Auflagen durch stets wachsende eingehende Behandlung der komplizierten Gesetzmäßigkeiten in den Spektren einen Umfang angenommen, der zwar von den Physikern freudig begrüßt wird, aber andererseits zur Folge hat, daß der nicht so speziell interessierte Leser für seinen Appetit leicht zu viel des Guten findet. So muß man also im Interesse der Leser, die, ohne in die vielfachen Einzelheiten eindringen zu wollen, einen Überblick über das Gebiet der Atomtheorie zu gewinnen wünschen, das Erscheinen des Buches von ARTHUR HAAS unbedingt begrüßen und man kann auch wohl sagen, daß es dem Verfasser gelungen ist, sein Ziel, die Grundideen und wichtigsten Ergebnisse der modernen Atomtheorie kurz und doch übersichtlich in elementarer Weise darzustellen, zu erreichen. Auf nur rund 200 Seiten werden tatsächlich alle Teilgebiete der Atomtheorie behandelt und zwar stets bis zu den neuesten Ergebnissen vordringend. Die Art der Darstellung ist klar und schließt sich in vieler Hinsicht an das SOMMERFELDsche Buch als Vorbild an, ohne aber doch den Charakter einer selbständigen Leistung zu verlieren. Bei dem Umfang von 200 Seiten war es natürlich nicht zu vermeiden, daß der Verf. sich Beschränkungen auferlegte. Diese bestehen nun aber nicht nur in der Weglassung mancher Einzelheiten, was sicher richtig ist, sondern leider auch in dem Verzicht auf eine kritische Einstellung den grundlegenden Problemen und den Ergebnissen der Forschung gegenüber. Das Buch enthält zwar eine sehr vollständige Übersicht über den derzeitigen Stand der Forschungsergebnisse und der Vorstellungen, mit Hilfe deren wir dieselben zur Zeit zu verstehen uns bemühen, aber alle die großen Schwierigkeiten, mit denen diese Vorstellungen auch heute noch zu kämpfen haben, z. B. das Problem der Struktur der Strahlung, werden kaum erwähnt. Der Leser gewinnt dadurch leicht den Eindruck, als ob die Vorstellungen, die der Darstellung zugrunde gelegt werden, einen viel höheren Grad von Sicherheit besitzen als das in Wirklichkeit der Fall ist. Wenn z. B. bei der Besprechung des BOHRschen Wasserstoffatomes nicht darauf hingewiesen wird, daß die Annahme der strahlungslosen Bewegung des Elektrons in den Quantenbahnen in schroffem Gegensatz zur klassischen MAXWELLschen Theorie eingeführt wird, so ist dies eine Unterlassungssünde, die nicht dadurch wett gemacht werden kann, daß fast am Ende des Buches bei Besprechung des Magnetismus der Widerspruch zwischen der BOHRschen Atomtheorie und der MAXWELLschen Theorie kurz erwähnt wird. Wie großen Wert die Lehrenden gerade auf die Betonung dieser grundlegenden Schwierigkeiten legen müssen, beweist besonders kraß die Antwort des Studenten im Examen auf die Frage: „Was ist das Licht?" Die Antwort lautete: „Licht ist, wenn ein Elektron von einer Quantenbahn zur anderen springt." Dies Beispiel zeigt unseres Erachtens aufs deutlichste die Gefahren, die aus einer nicht genügend kritischen Darstellung der Atomtheorie entspringen. Wir sehen also den Hauptwert des Buches in der kurzen und doch sehr vollständigen Darstellung der Forschungsergebnisse. Dem Leser, der sich darüber einen Überblick verschaffen will, kann das Buch trotz der erwähnten Mängel empfohlen werden.

W. GROTRIAN, Berlin-Potsdam.

HAAS, A., **Einführung in die theoretische Physik mit besonderer Berücksichtigung ihrer modernen Probleme.** Bd. II, 3. und 4. Aufl. Berlin: Walter de Gruyter & Co. 1924. IV, 379 S. und 72 Abb. im Text und auf 2 Tafeln. 16 × 24 cm. Preis geh. 8,50, geb. 10 Goldmark.

Der erste Band dieser Neuauflage des HAASschen Buches wurde in dieser Zeitschr. **12**, 410. 1924 besprochen. Er erhielt Mechanik, Elektrodynamik und Optik. Der vorliegende Band befaßt sich mit Atomtheorie, Theorie der Wärme und Relativitätstheorie. Er zerfällt also in 3 recht verschiedenartige Teile, von denen der erste etwa doppelt so lang ist, wie die beiden andern. — Das HAASsche Buch sucht Kontakt mit dem modernen Stand der physikalischen Forschung. Die „Einführung" in den Gegenstand kommt dabei, wie schon früher bemerkt wurde (s. a. die Besprechung der ersten Auflage in dies. Zeitschr. **9**, 776. 1921), notgedrungen zu kurz, aber leider hat man auch bei der Darstellung der höheren Teile gelegentlich den Eindruck, daß der Verfasser schneller vorwärts drängt, als es mit einem vollen Erfassen des Stoffes seitens eines lernenden Lesers verträglich ist. Der Wunsch, möglichst viel auf möglichst kleinem Raum zu bringen, ist gewiß begreiflich, aber ich weiß nicht, ob nicht weniger mehr wäre. Ich selbst liebe, wenn Kürze verlangt wird, eine knapp zusammengedrängte, repertoriumsähnliche Darstellung, die natürlich nicht zur Lektüre, sondern zum Selbststudium dient und nicht den Anschein erweckt, als könnte man schon aus den gebotenen Gedankengängen des Textes zum inneren Verständnis des Gegenstandes gelangen. Man weiß dann, daß ohne intensive eigene Mitarbeit unter Verfolgung der gebotenen Literaturhinweise, kein wirkliches Verstehen möglich ist, und kann sich einen bewußt unvollständigen und flüchtigen Überblick über ein unbekanntes oder vernachlässigtes Gebiet nach eigenem Bedarf aus der Darstellung heraussuchen. — Von dieser Art ist das

Haassche Buch nicht. Es gleicht einer Bergbahn, die in kühn geschwungenen Bögen an der Talwand hochsteigt, gelegentlich mit einem luftigen Viadukt eine tiefe Schlucht überbrückend. Der ungeübte Tiefländler kommt zwar an die Aussichtspunkte, er durchfährt auch das schluchtenreiche Tal der „inneren Physik". Aber das, was der Tourist an der Bezwingung der Gipfel am meisten schätzt, die Schulung und Erprobung der eigenen Kraft — dazu bietet ihm die Haassche Bergbahn kaum Gelegenheit. Von den vielfachen Entwürfen für die endgültige Trace merkt er fast nichts, und so liegt die Gefahr sehr nahe, daß der Leser am Schluß seiner Fahrt zwar vielerlei schöne Eindrücke gehabt hat, aber doch nicht den Gewinn, den man ihm bei einer Wanderung alten Stils mit Führer und Seil hätte verbürgen können.

Über den Wert von Bergbahnen läßt sich streiten, und ein Hauptargument zu ihren Gunsten ist, daß sie vielen, die sonst gänzlich ausgeschlossen wären, Genuß an der Bergwelt bringen und ihr Interesse wachhalten. Die Benutzerzahl ist ein Hauptargument zu ihrer Rechtfertigung. Beim Haasschen Buch möchte ich den gleichen Gesichtspunkt gelten lassen, um so mehr, als es offenbar einen weiten Leserkreis gefunden hat. In dem vorliegenden Band ist übrigens die „Atomtheorie" des Verf. mit geringen Änderungen übernommen worden. Sie bildet die ersten 180 Seiten. Es folgt auf 80 Seiten Statistik und Thermodynamik und auf weiteren 70 Seiten spezielle und allgemeine Relativitätstheorie. — Die Übersichtlichkeit der Darstellung, erhöht durch eine geschickte Zusammenfassung der Gedankengänge, durch Tabellen und Register, ist erwähnenswert. Die Zahl der Anmerkungen ist vermehrt, ohne lästig zu werden. Sie geben oft mit guter Zuverlässigkeit die Ergebnisse neuer Arbeiten bis Frühjahr 1924 an.

P. P. Ewald, Stuttgart.

KRAMERS, H. A., und HELGE HOLST, **Das Atom und die Bohrsche Theorie seines Baues.** Gemeinverständlich dargestellt von H. A. Kramers und Helge Holst, deutsch von F. Arndt. Berlin: Julius Springer 1925. 199 S., 35 Abb., 1 Bildnis und 1 Tafel. Preis geh. 7,50, geb. 8,70 Goldmark.

An eine gemeinverständliche Darstellung eines wissenschaftlichen Forschungsgebietes muß man zwei Anforderungen stellen:

1. Sie muß gemeinverständlich sein in dem Sinne, daß ein Leser mit normalen geistigen Fähigkeiten und Vorkenntnissen wirklich verstehen kann, was da geschrieben steht.

2. Es darf trotzdem nichts Falsches in dem Buche stehen. Die Darstellung muß also auch vor der Kritik des speziellen Kenners auf dem fraglichen Forschungsgebiete bestehen können.

Als drittes wird man, wenn auch nicht als conditio sine qua non, doch den Wunsch haben, daß die Art der Darstellung den für rein wissenschaftliche Abhandlungen berechtigten trockenen Ton vermeidet und einen gewissen Schwung aufbringt, der den Leser mitreißt.

Wer ist nun unter Berücksichtigung dieser Forderungen am besten geeignet, gemeinverständliche Darstellungen zu schreiben? Was Punkt 1 betrifft, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß der mit seinem Forschungsgebiet aufs innigste vertraute Gelehrte häufig nicht die Fähigkeit besitzt, sich wirklich gemeinverständlich über die Probleme seiner Wissenschaft zu äußern, einfach deshalb, weil er sich nicht mehr in die geistige Verfassung des Laien zurückversetzen kann und das Gefühl dafür verloren hat, was leicht und was schwer zu verstehen ist. Also soll der Nichtspezialist die gemeinverständliche Darstellung schreiben! Forderung 1 wird dabei im allgemeinen besser erfüllt sein, aber Forderung 2 ist eine Klippe, die der Nichtspezialist nur selten ohne Schaden für den Wert der Darstellung wird umschiffen können. Dabei wollen wir es als durchaus möglich voraussetzen, daß auch der Nichtspezialist grobe Fehler und Schnitzer vollkommen vermeidet, aber es gibt dann häufig Darstellungen, die zwar nicht völlig falsch, aber auch nicht ganz richtig sind und durch deren Verbreitung begrifflich viel Unheil gestiftet werden kann. Man könnte also zu dem Schlusse kommen, daß es am besten wäre, wenn überhaupt keine gemeinverständlichen Bücher geschrieben würden. Zugegeben, daß es besser wäre, manches derartige Buch und mancher gemeinverständliche Artikel wäre ungeschrieben geblieben, so muß doch andererseits die unbedingte Notwendigkeit der gemeinverständlichen Darstellung vom Standpunkt der Vergemeinschaftlichung des Wissens betont werden. Und daß es möglich ist, gemeinverständliche Bücher zu schreiben, die den gestellten Anforderungen genügen, dafür liefert das vorliegende Buch einen schlagenden Beweis. Wie weit sich dabei das Verdienst auf die beiden Autoren verteilt, entzieht sich im einzelnen der Kenntnis des Referenten. Man wird aber in der Annahme wohl nicht fehl gehen, daß für die Erfüllung der Forderung 2 Herr Kramers, der bekannte Mitarbeiter von N. Bohr, maßgebend ist. Und vielleicht ist es dem Einfluß von Herrn Holst besonders zu verdanken, daß trotz des Eingehens auf sehr schwierige Probleme die Darstellung im wahren Sinne gemeinverständlich geblieben ist. Daß schließlich auch der Wunsch 3 erfüllt ist, davon wird sich jeder leicht überzeugen können, der das Buch zur Hand nimmt.

Der Inhalt des Buches beschäftigt sich mit der Bohrschen Atomtheorie. Man könnte zunächst fragen, ob überhaupt für die deutschen Leser das Bedürfnis nach einer solchen Darstellung vorliegt, gibt es doch verschiedene, gute deutsche Bücher, die dasselbe Thema behandeln. Die größte Ähnlichkeit hat das vorliegende Werk mit dem Buche von Paul Kirchberger, Die Entwicklung der Atomtheorie, dem es auch in der Einteilung des Stoffes ähnlich ist; außerdem gibt es noch eine Reihe weiterer deutscher Darstellungen der modernen Atomtheorie. Die Verfasser haben aus diesem Grunde selbst wohl Zweifel gehabt, ob ihr Buch, das ursprünglich 1922 in dänischer Sprache und 1923 in englischer Übersetzung erschienen ist, in Deutschland einen größeren Leserkreis finden würde. Wir müssen es aber unbedingt freudig begrüßen, daß die Verfasser den Bitten deutscher Fachgenossen nachgegeben und sich zu der vorliegenden deutschen Ausgabe entschlossen haben. Der Hauptwert des Buches auch für die deutschen Leser liegt darin, daß sie hier die Weisheit über die Atome aus der besten Quelle schöpfen können, die es zur Zeit gibt. Die Verfasser gehören zum engsten Arbeitskreise von Niels Bohr, und die Probleme und Ergebnisse der Atomphysik werden infolgedessen auch so dargestellt, wie sie ihr Begründer selbst auffaßt. Das ist keineswegs bei allen anderen deutschen Büchern der Fall, und aus diesem Grunde wird das vorliegende Buch auch den deutschen Lesern Neues bieten, die sich etwa an Hand der bereits existierenden Bücher mit der Atomtheorie vertraut gemacht haben.

Wenn wir nun noch auf Einzelheiten des Inhaltes eingehen, so können wir uns dabei kurz fassen. Das Buch zerfällt in zwei nahezu gleiche Teile. Der erste Teil behandelt in 4 Kapiteln die historische Entwicklung unserer Vorstellungen vom Atom bis zu Bohr, außerdem werden die zum Verständnis notwendigen Grund-

tatsachen der Physik auseinandergesetzt. Die Überschriften der Kapitel geben am besten eine Vorstellung vom Inhalt: 1. Atome und Moleküle, 2. die Lichtwellen und das Spektrum, 3. Ionen und Elektronen, 4. das Atom als Planetensystem. Die vier folgenden Kapitel befassen sich dann speziell mit der BOHRschen Atomtheorie. Ihre Überschriften sind: 5. Die BOHRsche Theorie des Wasserstoffspektrums, 6. Die Wechselwirkung zwischen Licht und Stoff, 7. Verschiedene Anwendungen der BOHRschen Atomtheorie, 8. Der Atombau und die chemischen Eigenschaften der Stoffe. Die Darstellung vermeidet natürlich mathematische Formeln und Ableitungen weitgehend, nur in einem Anhange sind für den Interessenten die wichtigsten Rechnungen zur Theorie des Wasserstoffatomes zusammengestellt. Der Inhalt bringt von dem großen Tatsachenmaterial der Atomphysik nur das wichtigste und verliert sich nie in Einzelheiten, der Hauptwert wird auf die Auseinandersetzung der grundlegenden Ideen gelegt. So erfährt z. B. das Korrespondenzprinzip, das bekanntlich der Leitstern für die meisten Überlegungen BOHRS gewesen ist, eine eingehende Darlegung. Es werden auch nicht nur die Erfolge der Atomtheorie, sondern auch die großen Schwierigkeiten geschildert, die einer einheitlichen Auffassung des physikalischen Weltbildes im Wege stehen. Hier ist das Kapitel 6, das für die deutsche Auflage von KRAMERS verfaßt wurde, von besonderem Interesse, weil in ihm der Zwiespalt zwischen der wellentheoretischen und quantenmäßigen Auffassung vom Wesen des Lichtes aufs klarste und eindringlichste auseinandergesetzt ist. Auch der Versuch einer Lösung von BOHR, KRAMERS und SLATER findet hier wohl erstmalig eine gemeinverständliche Darstellung. Am Ende des Buches befinden sich auf einer Tafel die hübschen Atommodellzeichnungen, die den Lesern dieser Zeitschrift schon aus dem Bohr-Heft der *Naturwissenschaften* bekannt sind.

Zum Schlusse möchten wir nicht unerwähnt lassen, daß die Verfasser in Herrn ARNDT einen Übersetzer gefunden haben, der seine Aufgabe vortrefflich gelöst hat, man merkt wirklich nicht, daß es sich um eine Übersetzung handelt.

W. GROTRIAN, Berlin-Potsdam.

COMPTON, K. T., und F. L. MOHLER, **Ionisierungs- und Anregungsspannungen.** Übersetzt von R. SUHRMANN. Berlin: Gebr. Borntträger 1925. 148 S. und 16 Abb. 16 × 25 cm. Preis 13,50 Goldmark.

Die vorliegende Monographie ist in ihrem amerikanischen Original die erste einer Reihe von Veröffentlichungen, die nach ihrem Abschluß den Bericht des National Research Council Comitee über Ionisierungsspannungen und verwandte Gegenstände bilden soll. Die deutsche Übersetzung von R. SUHRMANN bildet Heft 6 des 18. Bandes der von Prof. EUCKEN in Breslau herausgegebenen Fortschritte der Chemie, Physik und physikalischen Chemie.

Das Thema, mit dem sich das vorliegende Buch beschäftigt, hat in deutscher Sprache eine buchmäßige, zusammenfassende Darstellung bisher nicht erfahren, abgesehen von dem Kapitel von G. JOOS über Anregung der Atome zur Lichtemission in Band VI des Handbuches der Radiologie herausgegeben von E. MARX, das aber auch nur auf etwa 50 Druckseiten das allerwichtigste bietet. Man muß also zugeben, daß in der deutschen physikalischen Literatur in der Tat eine merkliche Lücke zu verzeichnen war, die nun durch diese Monographie ausgefüllt worden ist, was von den für dieses Gebiet interessierten Kreisen sicher lebhaft begrüßt werden wird. Da die beiden Verfasser bekannte amerikanische Spezialisten auf dem Gebiete der Ionisierungs- und Anregungsspannungen sind, so kann man an das Buch mit hohen Erwartungen herantreten, die auch keineswegs enttäuscht werden.

Den beiden Autoren entsprechend zerfällt es in zwei Teile. In dem ersten Teile behandelt K. T. COMPTON die experimentellen Methoden zur Bestimmung kritischer Potentiale. Dieser Teil enthält eine sehr wertvolle vollständige Zusammenstellung und Erklärung der bisher ersonnenen und angewandten Verfahren, und zwar werden sowohl die elektrischen wie auch die spektroskopischen Methoden behandelt, in allen Teilen bis zu den neuesten Ergebnissen fortschreitend. Zum Schlusse werden auch einige technische Kunstgriffe mitgeteilt, die gerade bei der Ausführung der betr. Experimente von Vorteil sind.

Der zweite Teil von F. L. MOHLER ist der Deutung der kritischen Potentiale gewidmet, so wie sie im Prinzip durch die BOHRsche Atomtheorie vorgezeichnet ist. Für sämtliche bisher untersuchte Stoffe werden in Tabellen die Resultate der Messungen gegeben, und deren Deutung im Zusammenhange mit den Serienspektren wird an Hand von Energiediagrammen eingehend erläutert. Besonders wertvoll ist die Zusammenstellung der Versuchsergebnisse in dem Zwischengebiet zwischen Röntgenstrahlen und optischen Wellen, allerdings stößt hier die Deutung noch auf mannigfache Schwierigkeiten.

Seinem ganzen Charakter nach ist diese Monographie ein Buch der experimentellen Tatsachen. Auf die problematische Seite des Elektronenstoßverfahrens wird relativ wenig eingegangen. Die Darstellung ist in allen Teilen klar und leicht verständlich. Ein sehr vollständiges Literaturverzeichnis bildet den Abschluß des Buches, das auch den deutschen Physikern sicher sehr wertvolle Dienste leisten wird.

W. GROTRIAN, Berlin-Potsdam.

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Ersetzung der Hypothese vom unmechanischen Zwang durch eine Forderung bezüglich des inneren Verhaltens jedes einzelnen Elektrons.

§ 1. Bekanntlich kann man die Struktur und das magnetische Verhalten der Spektren eingehend beschreiben mit Hilfe des LANDÉschen Vektormodelles R, K, J und m[1]). Hierin bezeichnet R das Impulsmoment des Atomrestes — d. h. des Atoms ohne das Leuchtelektron — K das Impulsmoment des Leuchtelektrons, J ihre Resultante und m die Projektion von J auf die Richtung eines äußeren Magnetfeldes, alle in den gebräuchlichen Quanteneinheiten ausgedrückt. Man muß dann in diesem Modell annehmen:

a) daß für den Atomrest das Verhältnis des magnetischen Momentes zum mechanischen doppelt so groß ist, als man klassisch erwarten würde.

b) daß in den Formeln, wo R^2, K^2, J^2 auftritt, man diese durch $R^2 - \frac{1}{4}$, $K^2 - \frac{1}{4}$, $J^2 - \frac{1}{4}$ ersetzen muß. [Die HEISENBERGsche Mittelung[1])].

Dieses Modell hat sich äußerst fruchtbar gezeigt und hat u. a. geführt zur Entwirrung der verwickeltesten Spektren.

§ 2. Man stößt aber auf Schwierigkeiten, sobald man versucht, das LANDÉsche Vektormodell anzuschließen

[1]) Siehe E. BACK und A. LANDÉ, Zeemaneffekt und Multiplettstruktur der Spektrallinien.

[1]) W. HEISENBERG, Zeitschr. f. Phys. **26**, 291. 1925.

an unsere Vorstellungen über den Aufbau des Atoms aus Elektronen. Z. B.:

a) PAULI[1]) hat schon gezeigt, daß bei den Alkaliatomen der Atomrest magnetisch unwirksam sein muß, da sonst der Einfluß der Relativitätskorrektion eine Abhängigkeit des ZEEMANeffektes von der Kernladung verursachen würde, welche in diesen Spektren nicht wahrgenommen ist.

b) Beim LANDÉschen Modell darf man das Impulsmoment des Atomrestes nicht mit demjenigen des positiven Ions identifizieren, sowie man es nach der Definition des Atomrestes erwarten würde. [Verzweigungssatz von LANDÉ-HEISENBERG[2]) — unmechanischer Zwang].

c) Bei einigen in der letzten Zeit mit Hilfe des LANDÉschen Schemas analysierten Spektren (z. B. Vanadium, Titan) stimmte das K des Grundtermes gar nicht mit dem Werte, welchen man aus dem BOHR-STONERschen periodischen Systems erwarten würde.

§ 3. Die obengenannten Schwierigkeiten zeigen alle in dieselbe Richtung, nämlich, daß die Bedeutung, welche man den LANDÉschen Vektoren zukennt, wahrscheinlich nicht richtig ist. PAULI[3]) hat schon einen neuen Weg eingeschlagen, welcher speziell an Schwierigkeit a anknüpft. Hieraus folgerte er nämlich, daß man bei den Alkalispektren alle Quantenzahlen dem Leuchtelektron allein zuschreiben muß. Nach PAULI bekommt dann jedes Elektron im Magnetfelde 4 unabhängige Quantenzahlen. Mit Hilfe des BOHRschen Aufbauprinzipes und noch einigen allgemeinen Sätzen konnte er dann in einfacher Weise zu denselben Resultaten gelangen wie LANDÉ[4]). Die in § 2 genannten Schwierigkeiten verschwinden beim PAULIschen Verfahren vollständig. Der Anschluß an das BOHR-STONERsche periodische System wird erreicht, und es werden noch neue Gesichtspunkte geöffnet[5]).

§ 4. In beiden Auffassungen bleibt jedoch das Auftreten des sog. relativistischen Doubletts in den Röntgen- und Alkalispektren ein Rätsel. Zur Erklärung dieser Tatsache kam man in letzter Zeit zur Annahme einer klassisch nicht beschreibbare Zweideutigkeit in den quantentheoretischen Eigenschaften des Elektrons[6]).

§ 5. Uns scheint noch ein anderer Weg offen. PAULI bindet sich nicht an eine Modellvorstellung. Die jedem Elektron zugeordneten 4 Quantenzahlen haben ihre ursprüngliche LANDÉsche Bedeutung verloren. Es liegt vor der Hand, nun jedem Elektron mit seinen 4 Quantenzahlen auch 4 Freiheitsgrade zu geben. Man kann dann den Quantenzahlen z. B. folgende Bedeutung geben:

n und k bleiben wie früher die Haupt- und azimuthale Quantenzahl des Elektrons in seiner Bahn.

R aber wird man eine eigene Rotation des Elektrons zuordnen[7]).

Die übrigen Quantenzahlen behalten ihre alte Bedeutung. Durch unsere Vorstellung sind formell die Auffassungen von LANDÉ und PAULI mit all ihren Vorteilen miteinander verschmolzen[1]). Das Elektron muß jetzt die noch unverstandene Eigenschaft (in § 1 unter a genannt), welche LANDÉ dem Atomrest zuschrieb, übernehmen. Die nähere quantitative Durchführung dieser Vorstellung wird wohl stark von der Wahl des Elektronenmodells abhängen. Um mit den Tatsachen in Übereinstimmung zu kommen, muß man also diesem Modell die folgenden Forderungen stellen:

a) Das Verhältnis des magnetischen Momentes des Elektrons zum mechanischen muß für die Eigenrotation doppelt so groß sein als für die Umlaufsbewegung[8]).

b) Die verschiedenen Orientierungen vom R zur Bahnebene (oder K) des Elektrons muß, vielleicht in Zusammenhang mit einer HEISENBERG-WENTZELschen Mittelungsvorschrift[2]), die Erklärung des Relativitätsdoubletts liefern können.

G. E. UHLENBECK und S. GOUDSMIT.

Leiden, den 17. Oktober 1925.
Instituut voor Theoretische Natuurkunde.

Es ist mir ein Bedürfnis, festzustellen, daß Prof. W. J. DE HAAS mir schon vor einigen Monaten die Apparatur für ein sehr interessantes Experiment zeigte, das sich ebenfalls mit dem Problem der inneren Rotation des Elektrons beschäftigt. Obwohl *mir* die betreffenden Ideen von Prof. DE HAAS seit längerer Zeit bekannt waren, hatten die Herren UHLENBECK und GOUDSMIT, als sie mir kürzlich die obigen Überlegungen mitteilten, davon keinerlei Kenntnis.

P. EHRENFEST.

Quantenzahlen des Elektrons den Alkalispektren entnehmen muß. R hat also für jedes Elektron nur den Wert 1 (in LANDÉscher Normierung).

[1]) Z. B. wird nun auch die Bedeutung des HEISENBERGschen Schema III verständlicher, worin man für ein ganzes Atom sowohl die R als die K der Elektronen zusammensetzen muß.

[2]) Z. B. für ein kugelförmiges rotierendes Elektron mit Oberflächenladung kann man aus den ABRAHAMschen Formeln (Ann. d. Phys. **10**, 105. 1903), ablesen:

Rotationsenergie $\frac{1}{9}\frac{e^2 a}{c^2}\varphi^2$ (a = Elektronenradius),

$$\text{also: } p_\varphi = \frac{2}{9}\frac{e^2 a}{c^2}\cdot\varphi$$

$$\text{Magnetisches Moment: } \mathfrak{g} = \frac{1}{3}\frac{e a^2}{c}$$

$$\text{Masse: } m = \frac{2}{3}\frac{e^2}{c^2 a}$$

$$\text{Also: } \frac{\mathfrak{g}}{p_\varphi} = \frac{3}{2}\frac{ac}{e} = 2 \times \frac{e}{2mc}$$

d. i. in der Tat doppelt so viel als für die Umlaufsbewegung. Man beachte aber, daß wenn man diese Rotationsbewegung quantisiert, die periphere Geschwindigkeit des Elektrons die Lichtgeschwindigkeit weit übertreffen würde.

[3]) W. HEISENBERG, l. c., G. WENTZEL, Ann. d. Phys. **76**, 803. 1925.

[1]) W. PAULI Jr., Zeitschr. f. Phys. **31**, 373. 1925.
[2]) Siehe E. BACK und A. LANDÉ, l. c. S. 55ff.
[3]) W. PAULI Jr., Zeitschr. f. Phys. **31**, 765. 1925.
[4]) Man vergleiche: S. GOUDSMIT, Zeitschr. f. Phys. **32**, 794. 1925; W. HEISENBERG, Zeitschr. f. Phys. **32**, 841. 1925; F. HUND, Zeitschr. f. Phys. **33**, 345. 1925.
[5]) Siehe die in [3]) Spalte 2 zit. Arbeiten.
[6]) W. HEISENBERG, Zeitschr. f. Phys. **32**, 841. 1925.
[7]) Man beachte, daß man die hier auftretenden

Botanische Mitteilungen.

Beobachtungen über den Geschlechtsdimorphismus beim Bingelkraut (Mercurialis annua). Die Frage nach dem Vorhandensein sekundärer Geschlechtscharaktere bei diöcischen Blütenpflanzen ist bisher nur in sehr tastender Weise in Angriff genommen, und es existieren im wesentlichen nur verzettelte Angaben über Größendifferenzen zwischen Männchen und Weibchen, so beim Sauerampfer und beim Hanf. Eine erfreuliche Bereicherung unserer Kenntnisse in dieser Hinsicht bringt eine neue Arbeit von M. G. SOUVILLE, die das

Bingelkraut zum Gegenstand hat (Rev. gén. Bot. Paris 37. 1925). Nach den Beobachtungen von SOUVILLE zeichnen sich die Weibchen den Männchen gegenüber durch folgende Merkmale aus: sie sind gedrungener, verzweigter und dichter belaubt; der gedrungene Wuchs steht damit im Zusammenhang, daß die Internodien kürzer sind, und daß die Seitenäste erster Ordnung horizontal abstehen, während sie bei den Männchen unter spitzem Winkel nach oben streben. Weiterhin sind bei den Weibchen die Blätter kürzer und schmäler und die Inflorescenzachsen kleiner als bei den männlichen Pflanzen. Zu diesen morphologischen Differenzen gesellen sich dann noch einige physiologische, die freilich noch nicht alle scharf herausgearbeitet sind. SOUVILLE erwähnt in diesem Zusammenhang das höhere Frischgewicht und den größeren Aschengehalt der Weibchen, mit Vorbehalt auch einen bedeutenderen osmotischen Wert der Zellen, indessen werden nur für Frischgewicht und Aschengehalt zahlenmäßige Unterlagen geliefert. Ferner scheint für die Weibchen ein freudigeres Grün bezeichnend zu sein, was auf Unterschiede in der Ausbildung des Chlorophyllapparates hinweist. Schließlich sind die Weibchen trägerwüchsig als die Männchen, erreichen aber eine längere Lebensdauer, etwas, das ökologisch ohne weiteres verständlich erscheint. SOUVILLE nimmt an, daß die morphologische Differenzierung der Geschlechter beim Bingelkraut mit der Windbefruchtung im Zusammenhang steht, also als Anpassungserscheinung zu betrachten ist. Der höhere Wuchs der Männchen, der durch Streckung der Internodien sowie durch Aufrichtung der Seitenäste bedingt ist, bringt die Staubgefäße in eine für die Pollenausstäubung möglichst günstige Lage. Das lockere Astwerk fördert die unbehinderte Verwehung des Pollens. Auf der anderen Seite erscheint auch die in tieferer Etage stattfindende horizontale Ausbreitung des viel dichteren Geästes der weiblichen Pflanze für ein zweckmäßiges Auffangen des Pollenregens günstig. Der Blütenreichtum der männlichen Pflanze verglichen mit der bescheidenen Blütenproduktion der weiblichen entspricht der für Windblütler so bezeichnenden Pollenverschwendung.

Studien über Pinus monophylla de Torrey et Fremont. Die in Nordamerika beheimatete Kieferart Pinus monophylla fällt insofern aus dem Rahmen der Gattung heraus, als ihre Kurztriebe nur eine einzige Nadel tragen, was ja auch zu der Artbezeichnung geführt hat. Sonst sind die Kieferarten durch den Besitz von je 2—5 Nadeln gekennzeichnet, die in Quirlen stehen und an ihrem Grunde den Vegetationspunkt, welcher den Kurztrieb abschließt und sich normalerweise nicht weiterentwickelt, umfassen. Man hat zur Erklärung dieser Abweichungen verschiedene Vermutungen herangezogen. Nach der einen Auffassung soll die Einnadeligkeit dadurch zustande kommen, daß die fehlenden Nadeln rudimentär geworden sind, nach einer zweiten Annahme würde es sich bei der einen Nadel um ein Verschmelzungsprodukt von 2 Nadeln handeln, so daß also die Einnadeligkeit nur scheinbar ist; und schließlich wird sogar überhaupt in Frage gestellt, daß das, was uns hier als Nadel gegenübertritt, ein richtiges Blattgebilde ist, vielmehr soll es sich lediglich um das metamorphosierte Sproßende handeln, wonach also richtige Blattnadeln überhaupt fehlen würden, eine Hypothese, die an sich sehr wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat. Um diesen Meinungsstreit aufzuklären, hat M. J. LAURENT die Art einer genauen morphologischen und anatomischen Untersuchung unterzogen (Rev. gén. Bot. Paris 37. 1925), die ihn zu folgendem Ergebnis geführt hat: Reste rudimentärer Nadeln lassen sich an den Kurztrieben von P. monophylla nicht feststellen. Auch für die Annahme, es könne sich um ein Verwachsungsprodukt handeln, bieten sich keinerlei Anhaltspunkte. Die Nadel zeigt durchaus normalen Aufbau und ist von einem einzigen Gefäßbündelstrang durchzogen. Auch die letzte Deutung kommt nicht in Frage, denn die scheinbare Endstellung der Nadel beruht auf einem sekundären Einrücken in die Richtung des Kurztriebes, wie bei den übrigen Kieferarten ist ein abschließender Vegetationspunkt vorhanden, der nachträglich auf die Seite gedrückt wird.

Wir haben es also, bei P. monophylla mit einer Art zu tun, bei der von vornherein die Kurztriebe einnadelig angelegt werden. Sie nimmt infolgedessen innerhalb der Gattung eine isolierte Stellung ein und ist wohl am nächsten an die Untergattung Pinaster anzureihen, der aus unserer Heimat die Bergkiefer und die Waldkiefer, beides zweinadelige Formen, angehören. Daß aber die Befähigung zur Produktion mehrnadeliger Kurztriebe auch in P. monophylla schlummert, das ist aus der Tatsache zu ersehen, daß — wenn auch sehr selten — vereinzelte Triebe mit 2 oder sogar 3 Nadeln auftreten. Solche Variationen, die vom phylogenetischen Standpunkte aus bedeutungsvoll sind, trifft man auch bei andern Kieferarten an.

Einige Resultate der neuesten Saugkraftstudien. In einem zusammenfassenden Bericht legt URSPRUNG die jüngsten Ergebnisse der Saugkraftstudien nieder, die sowohl durch seine eigene Arbeit wie auch durch diejenige seiner Schüler eine weitgehende Förderung erfahren haben (Flora 118/119. 1925). Zunächst wurde einmal bei verschiedenen Versuchspflanzen (Maßliebchen, Dachwurz, Storchschnabel, Glockenblume usw.) der Einfluß der einzelnen Außenfaktoren auf die Höhe der Saugkraftwerte untersucht. Sehr scharf zeichnete sich die Bedeutung der Bodenfeuchtigkeit ab, je größer die Bodentrocknis ist, desto mehr steigen die Saugkräfte an, mit um so größerer Intensität vermag also die Pflanze der Unterlage das Wasser zu entziehen. Wenn die Luftfeuchtigkeit dieselben Ergebnisse liefert, so geschieht dies wohl in erster Linie auf dem Umwege über die Bodenverhältnisse, die ja durch die Luftfeuchtigkeit direkt in Mitleidenschaft gezogen werden. Hinsichtlich der Temperatur ist zu erwähnen, daß starke Bodenkälte die Saugkräfte steigert, mutmaßlich deshalb, weil durch das Gefrieren des Bodens die Wasseraufnahme erschwert wird. Ohne nennenswerten Einfluß ist das Licht. Windwirkung erhöht die Saugkraft nur bei schlechter Wasserbilanz. Schließlich sei noch erwähnt, daß Sauerstoffarmut des Substrats die Saugkraftwerte erhöht. Alle diese Befunde sind ökologisch leicht verständlich. Die Tatsache, daß bei ein und demselben Objekt die Saugkraftwerte periodischen Schwankungen unterliegen, steht mit den jeweiligen Oszillationen der Außenfaktoren in engstem Zusammenhang. Zunächst ist eine tägliche Periodizität zu verzeichnen: die Saugkraft steigt bis Mittag und fällt bis zum nächsten Morgen. Dieser Saugkraftkurve geht die Transpirationskurve streng parallel, eine Abhängigkeit, die ohne weiteres durchsichtig ist. Neben der täglichen Periodizität hebt sich eine jährliche deutlich heraus. Auch hier besteht eine klare Beziehung zu den Feuchtigkeitsverhältnissen, die ihren Niederschlag in den von URSPRUNG gegebenen Einzeldaten findet: „so entspricht der hohen Saugkraft des Juli und August ein geringes Regenmittel, während das Saugkraftminimum im Oktober mit einem Regenmaximum zusammenfällt; bis zum Februar steigt dann die Saugkraft wieder an, während die Nieder-

schläge abnehmen; und mit dem erneuten Fallen der Saugkraft nimmt auch der Regen wieder zu." Das Wintermaximum der Saugkraft koinzidiert gleichzeitig mit dem Niederschlagsmaximum sowie mit dem Temperaturminimum. In einer Serie von weiteren Messungen wurde dann der Einfluß besonderer Standörtlichkeiten untersucht. Ein Vergleich vertorfter und nichtvertorfter Standorte der Ebene ergab keine gesetzmäßigen Differenzen derart, daß die vertorften Böden durch besonders hohe Saugkraftwerte gekennzeichnet wären, wie man es vielleicht vom Standpunkt, der Schimperschen Theorie von der physiologischen Trockenheit der Hochmoore hätte erwarten können. Auch die Alpenvegetation ist im Gegensatz zu verschiedentlich geäußerten Angaben keineswegs durch eine durchschnittliche Zunahme der Saugkräfte ausgezeichnet. Eine Statistik verschiedener torffreier Standorte der Ebene ergab aber deutliche Abhängigkeit von den Feuchtigkeitsverhältnissen des Milieus. Bezeichnend sind in dieser Hinsicht vor allem die Saugkraftminima submerser Gewächse. Das sind nur einige herausgegriffene Daten, die z. T. an ein und derselben Spezies durch Vergleich an verschiedenen Stellen ihres Auftretens, z. T. aber durch Gruppenmessungen an ganzen Pflanzenvereinen gewonnen worden sind. Die da und dort auftretenden Abweichungen im einzelnen finden ihre Erklärung darin, daß die Wasserökonomie der Pflanzen noch von einer Reihe weiterer Faktoren abhängig ist. „Es ist klar, daß die Saugkraft nur ein Glied einer Kette ist, in welcher morphologische, anatomische und andere physiologische Eigenschaften ineinandergreifen."

Analyse der frühtreibenden Wirkung des Warmbades. Um dem Wesen der bekannten Warmbadwirkung näherzukommen, stellte BORESCH (Biochem. Zeitschr. 153. 1925) bei verschiedenen Gehölzgattungen (Flieder, Hollunder, Linde, Eiche, Ulme, Esche usw.) Experimente mit mannigfach veränderten Versuchsbedingungen an, die ihn zu dem Ergebnis führten, daß dieselbe Wirkung, die ein Warmbad von 30° ausübt, auch erzielt werden kann, wenn man die Versuchszweige einem Vakuum von 50 mm Hg bei derselben Temperaturlage und Wasserdampfsättigung aussetzt. Dagegen bleibt ein solcher Erfolg aus, wenn man mit dem Vakuum ohne Temperaturerhöhung arbeitet, oder wenn man die Zweige einfach in wasserdampfgesättigte Luft mit normalen Druckverhältnissen bringt. Das führt den Verf. zu der Auffassung, daß es sich bei dem Warmwasserbad um eine kombinierte Wirkung handelt derart, daß durch die Temperaturerhöhung die Atmung gesteigert wird, während der gleichzeitige Aufenthalt in Wasser die Sauerstoffzufuhr hemmt. Tatsächlich ist die Sauerstoffspannung in dem Vakuumversuch etwa dieselbe, die in dem Warmwasserbad herrscht. Die Sauerstoffnot hat mutmaßlich einen unvollkommenen Zerfall der Kohlenhydrate und damit Säurebildung zur Folge, wodurch die p_H-Ionenkonzentration eine Änderung erfährt. Hierin erblickt BORESCH das maßgebende Agens, und von dieser Vorstellung ausgehend sucht er die mannigfachen Frühtreibmethoden unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt zu bringen. Tatsächlich kann ja ein künstliches Treiben durch Aufenthalt in Wasserstoff-, Stickstoff- und Kohlensäureatmosphäre, sowie durch Wasserinjektion ausgelöst werden, alles Eingriffe, die eine Sauerstoffnot zur Folge haben. Eine Reihe von weiteren Methoden ist dadurch gekennzeichnet, daß sie in den normalerweise bis zur Kohlensäure gehenden oxydativen Zerfall der Kohlenhydrate störend eingreifen. Hierher sind das Atmungsgift KCN sowie eine ganze Reihe von Narkotica (Äther, Chloroform, Leuchtgas, Acetylen, Tabaksrauch usw.) zu stellen. Im Gegensatz dazu sind eine Gruppe von Treibverfahren gerade dadurch gekennzeichnet, daß sie die Atmung beschleunigen. Hierher gehören alle Verwundungsmethoden (Entblättern, Stechen, Ätzen, Quetschen usw.). Hier liegen nun die Dinge möglicherweise so, daß es gerade der gesteigerte O-Konsum ist, der zu einer Atmungshemmung führt, weil der Sauerstoff nicht dem Verbrauch entsprechend in die Knospen einzudringen vermag. In all diesen Fällen werden sich Säuren als Zwischenprodukte anreichern. Es muß der Zukunft überlassen bleiben, zu entscheiden, ob sich diese vereinfachte Auffassung allenthalben durchführen läßt. Wie dem auch sei, auf alle Fälle sind die Gedankengänge BORESCHS von heuristischem Wert. Es sei nur ganz kurz darauf hingewiesen, daß BORESCH auch den Versuch macht, die Lichttreibeverfahren hier anzureihen.

Geschlechtsvererbung bei der Lichtnelke (Melandrium). In einer früheren Besprechung wurde darüber berichtet, daß für verschiedene getrenntgeschlechtliche Pflanzen fast gleichzeitig das Vorhandensein von Geschlechtschromosomen festgestellt werden konnte. Unter diesen Objekten befand sich auch die Lichtnelke (Melandrium), und zwar sowohl die weiße (WINGE), wie auch die rote (WINGE und BLACKBURN), die Nacht- und die Taglichtnelke, bei denen, wie überhaupt bei den bisher untersuchten Objekten, das männliche Geschlecht heterozygotisch, d. h. durch den Besitz von zweierlei, hinsichtlich der Größe verschiedenen Geschlechtschromosomen charakterisiert ist. Es werden danach zweierlei Pollenkörner, männchenbestimmende und weibchenbestimmende in gleicher Anzahl gebildet, entsprechend der Tatsache, daß bei der Reduktionsteilung die beiden verschiedenartigen Geschlechtschromosomen zu gleichen Teilen auf je 2 Körner der Pollentetraden verteilt werden, wie es dem allgemeinen Typus der Geschlechtszellenbildung entspricht. Diese auf Melandrium bezüglichen Angaben stehen in sehr schroffem Gegensatz zu den Aussagen von STRASBURGER, was um so auffälliger ist, als dieser Forscher bei den Moosen erstmalig den entsprechenden Geschlechtsaufteilungsvorgang für die Sporen nachgewiesen hat, ohne freilich die Cytologie mit heranzuziehen. Bei der Pollentetradenbildung von Melandrium aber hat er besonders auf die Chromosomenverhältnisse geachtet und kommt trotzdem zu einem völlig ablehnenden Verhalten. Aus diesem Grunde hat HEITZ (Arch. f. wiss. Botanik 1. 1925) diese Verhältnisse nochmals untersucht und gelangt zu einer eindeutigen Bestätigung der Angaben von WINGE und Frl. BLACKBURN. Besonders wichtig ist aber, daß HEITZ die Strasburgerschen Originalpräparate nachuntersucht hat mit dem auffallenden Ergebnis, daß entgegen den Angaben von STRASBURGER auch hier die Größendifferenz der männlichen Geschlechtschromosomen sehr deutlich hervortritt. Damit ist der Annahme, es könnte sich vielleicht um eine besondere, zytologisch abweichende Rasse handeln, der Boden entzogen. Weiterhin verdient erwähnt zu werden, daß HEITZ in manchen Fällen ein Nichtauseinanderweichen der Geschlechtschromosomen bei der Reduktionsteilung („non disjunction") beobachtete. Das eröffnet die Möglichkeit, daß männliche Geschlechtszellen mit überzähligen Chromosomen gebildet werden. Vielleicht ist es auf diese Vorgänge zurückzuführen, daß manchmal zwittrige, zweigeschlechtliche Melandriumindividuen auftreten, eine Deutung, die durch gewisse zoologische Vererbungstatsachen eine Stütze fände. STARK.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.